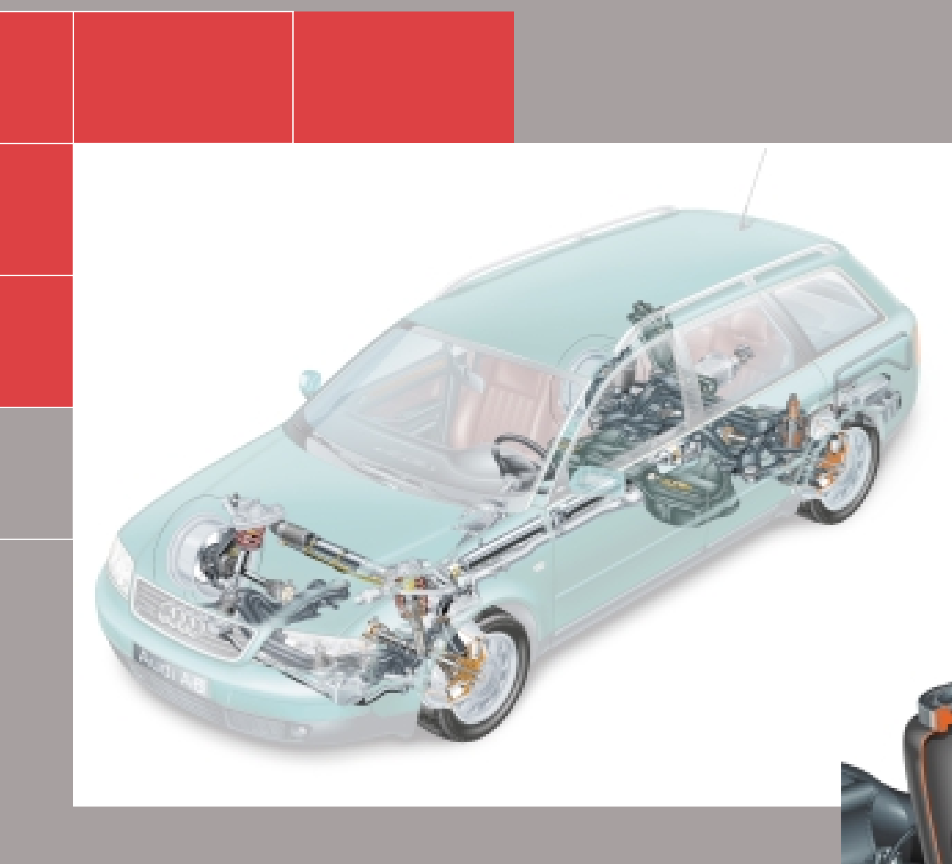
242

Service.



Audi



Pneumatische Federsysteme Teil 1
Niveauregelung im Audi A6
Konstruktion und Funktion

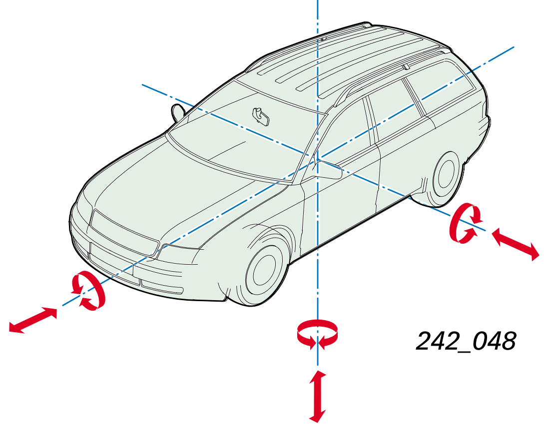
Selbststudienprogramm 242

nur zum internen Gebrauch

Pneumatisches Federsystem mit Niveauregelung

Dieses Selbststudienprogramm gliedert sich in zwei Teile:

Grundlagen der Federung, Dämpfung und Luftfederung



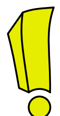
242_048

Niveauregelung A6

Hier ist das Hinterachs-Luftfedersystem für den Audi A6 Avant beschrieben.

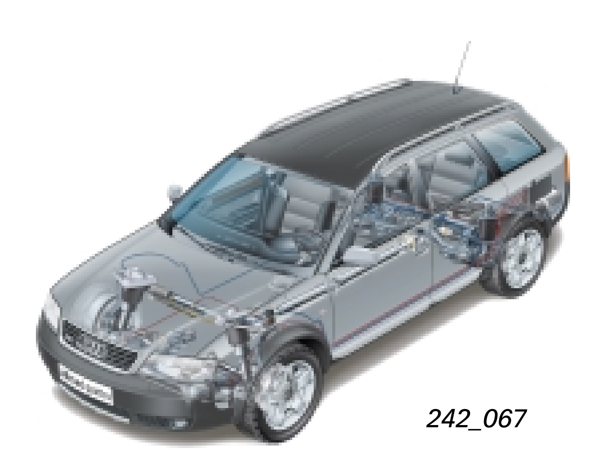


242_046



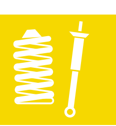
Die 4-Level-Luftfederung des Audi allroad quattro ist im Selbststudienprogramm 243 beschrieben.

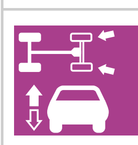
Weitere Informationen zum Audi allroad quattro finden Sie im Selbststudienprogramm 241.



242_067

Inhalt





Seite

Grundlagen

Grundlagen Luftfederung

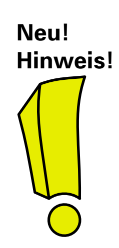
Niveauregelung A6

Das Selbststudienprogramm informiert Sie über Konstruktionen und Funktionen.

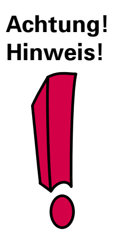
Das Selbststudienprogramm ist kein Reparaturleitfaden!

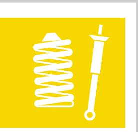
Für Wartungs- und Reparaturarbeiten nutzen Sie bitte unbedingt die aktuelle, technische Literatur.

Neu! Hinweis!



Achtung! Hinweis!





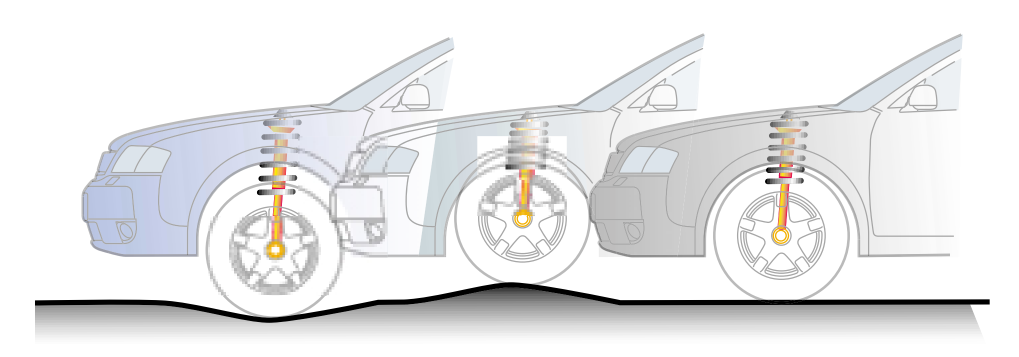
Die Fahrzeugfederung

Fährt ein Fahrzeug über Fahrbahn-Unebenheiten, treten an den Rädern stoßartige Kräfte auf. Diese Kräfte werden über die Federung und die Radaufhängung auf den Fahrzeugaufbau übertragen.

Aufgabe der Fahrzeugfederung ist es, diese Kräfte aufzunehmen und abzubauen.

Grundsätzlich muss man bei der Fahrzeugfederung zwischen dem **Federungssystem** und dem **Schwingungsdämpfungssystem** unterscheiden.

Durch das Zusammenwirken beider Systeme wird folgendes erreicht:



242_003

Fahrsicherheit

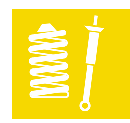
Der für das Bremsen und Lenken wichtige Fahrbahnkontakt der Räder wird aufrecht erhalten.

Fahrkomfort

Unangenehme und gesundheitsschädliche Belastungen für die Fahrzeuginsassen werden immens verringert, empfindliches Ladegut wird nicht beschädigt.

Betriebssicherheit

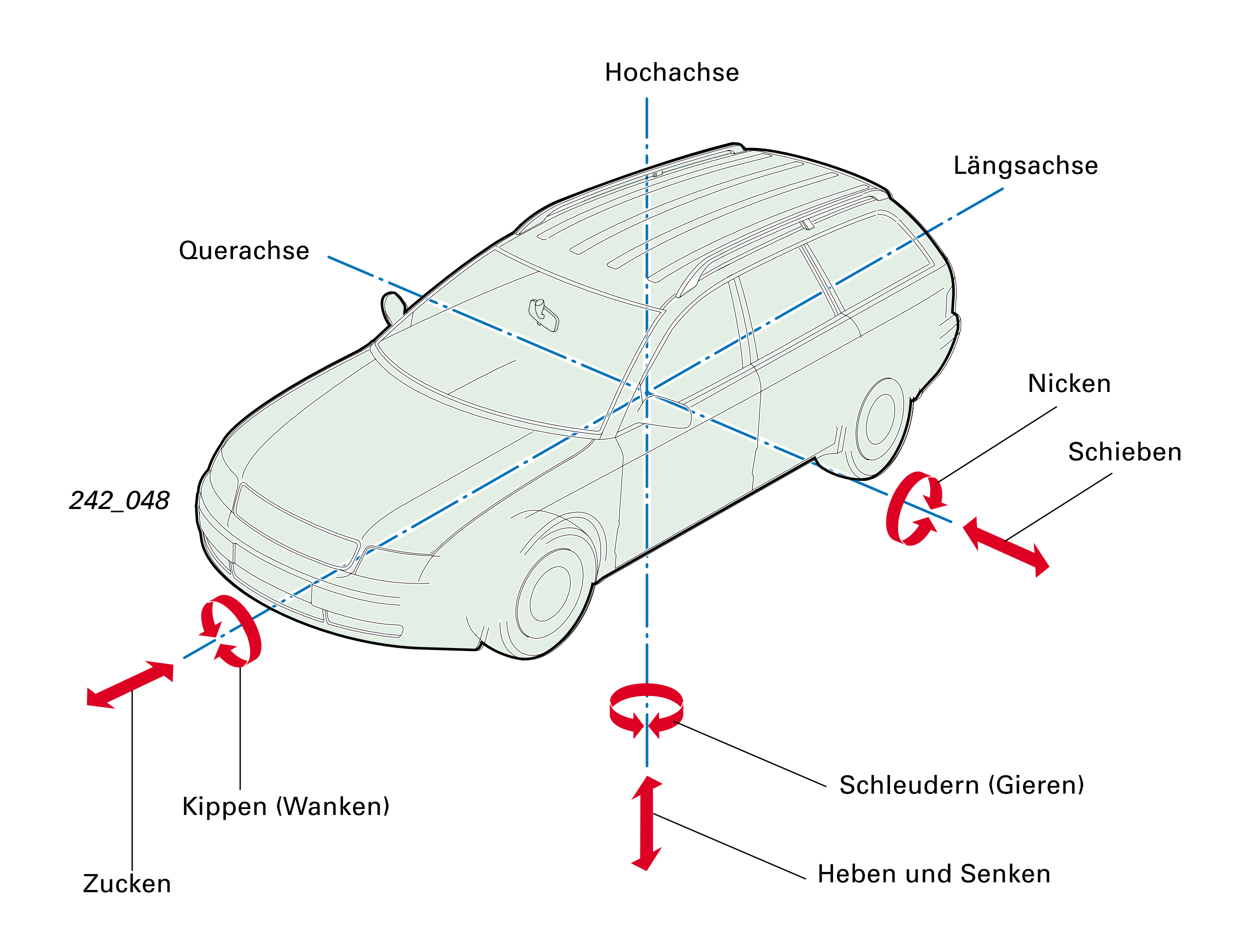
Die Bauteile des Fahrzeugs werden vor den hohen Belastungen geschützt.

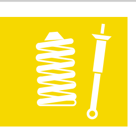


Im Fahrbetrieb wirken neben den Kräften, welche die Auf- und Abwärtsbewegungen des Fahrzeugaufbaus verursachen, noch Kräfte, die Bewegungen und Schwingungen in Richtung der drei Raumachsen ausüben.

Neben der Achs-Kinematik hat die Fahrzeugfederung einen entscheidenden Einfluss auf diese Bewegungen und Schwingungen.

Die richtige Abstimmung des Feder- und Schwingungsdämpfungssystems ist daher von großer Bedeutung.





Das Federungssystem

Als „tragende” Komponente des Federungssystems stellen die Federelemente die Verbindung zwischen der Radaufhängung und der Karosserie her. Ergänzt wird dieses System durch die Federwirkung der Reifen und der Fahrzeugsitze.

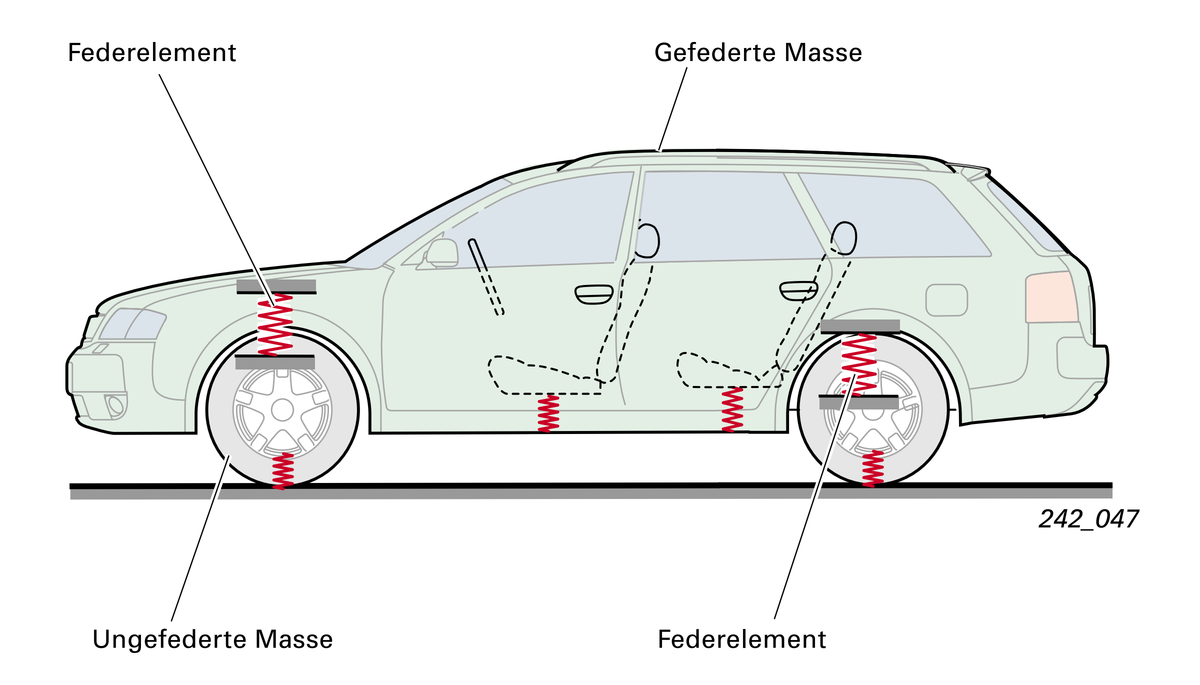
Als Federelemente kommen Federn aus Stahl, Gas/Luft, und Gummi/ Elastomere oder Kombinationen daraus zum Einsatz.

Im PKW-Bereich hat sich die Stahlfederung etabliert. Stahlfedern gibt es in den unterschiedlichsten Bauformen, von denen sich die Schraubenfeder weitgehend durchgesetzt hat.

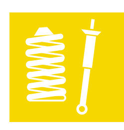
Die seit vielen Jahren im LKW-Bereich verbreitete Luftfederung kommt auf Grund ihrer systembedingten Vorzüge mehr und mehr auch im PKW-Bereich zum Einsatz.

Am Fahrzeug unterscheidet man zwischen den **gefederten Massen** (der Aufbau mit Antriebsstrang und Teile des Fahrwerks) und **ungefederten Massen** (die Räder mit Bremsen sowie Teile des Fahrwerks und der Achswellen).

Durch das Federungssystem wird das Fahrzeug zu einem schwingungsfähigen Gebilde mit einer von den gefederten Massen und der Abstimmung des Federungssystems bestimmten Aufbaueigenfrequenz (siehe unter Kapitel „Schwingung“).



242_047

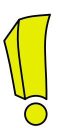


Die ungefederten Massen

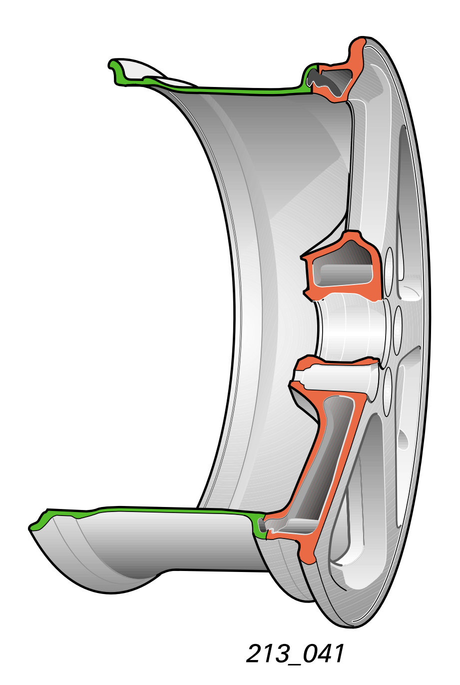
Grundsätzlich wird angestrebt, die ungefederten Massen möglichst gering zu halten, um ihren Einfluss auf das Schwingungsverhalten (Aufbaueigenfrequenz) zu minimieren. Des weiteren wird durch eine geringe Massenträgheit die Stoßbelastung der ungefederten Bauteile verringert und das Ansprechverhalten der Federung wesentlich verbessert. Diese Auswirkungen führen zu einer deutlichen Erhöhung des Fahrkomforts.

Beispiele für die Verringerung der ungefederten Massen:

- Aluminium-Hohlspeichenrad
- Fahrwerksteile (Schwenklager, Radträger, Lenker, usw.) aus Aluminium
- Bremssättel aus Aluminium
- Gewichtsoptimierte Reifen
- Gewichtsoptimierungen an Fahrwerksteilen (z. B. den Radnaben)



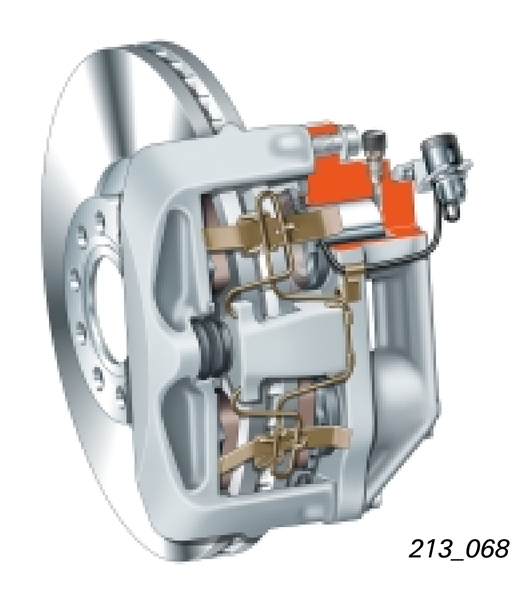
Sehen sie hierzu auch SSP 213, Kapitel „Fahrwerk“.



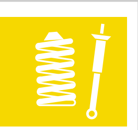
213_041



213_091



213_068



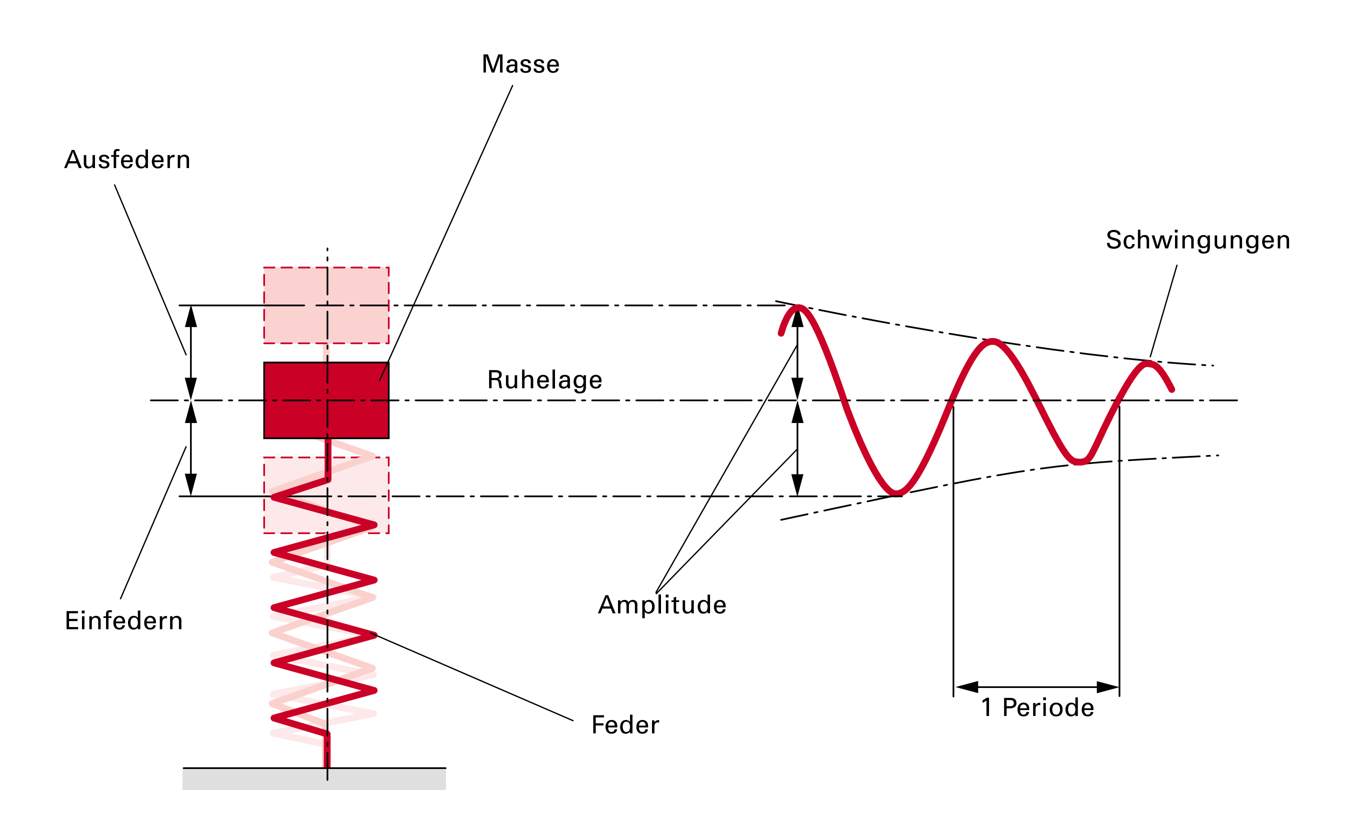
Die Schwingung

Wird eine Masse an einer Feder durch eine Kraft aus ihrer Ruhelage ausgelenkt, so entsteht in der Feder eine Rückstellkraft, welche die Masse zurückschwingen lässt. Die Masse **schwingt** dabei über ihre Ruhelage hinaus, so dass erneut eine Rückstellkraft entsteht. Dieser Vorgang wiederholt sich so lange, bis verursacht durch den Luftwiderstand und die innere Reibung der Feder, die Schwingung zum Abklingen kommt.

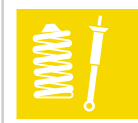
Die Aufbaueigenfrequenz

Die Schwingungen werden durch die Höhe der Amplitude und deren Frequenz definiert. Bei der Fahrwerksabstimmung gilt der Aufbaueigenfrequenz besondere Aufmerksamkeit.

Die Eigenfrequenz der ungefederten Massen liegt bei einem Mittelklassefahrzeug zwischen 10 Hz und 16 Hz. Durch entsprechende Abstimmung des Federsystems beträgt die Aufbaueigenfrequenz (gefederte Masse) 1 Hz bis 1,5 Hz.



242_021



Die Aufbaueigenfrequenz wird im Wesentlichen durch die Kenndaten der Federn (Federrate) und von der gefederten Masse bestimmt.

Größere Masse oder weichere Feder ergeben eine niedrigere Aufbaueigenfrequenz und einen größeren Federweg (Amplitude).

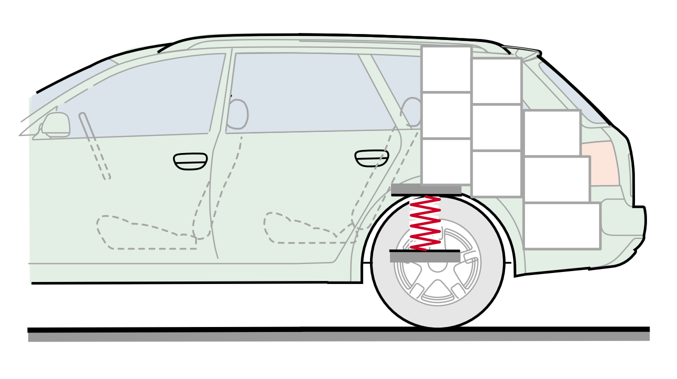
Kleinere Masse oder härtere Feder ergeben eine höhere Aufbaueigenfrequenz und einen geringeren Federweg.

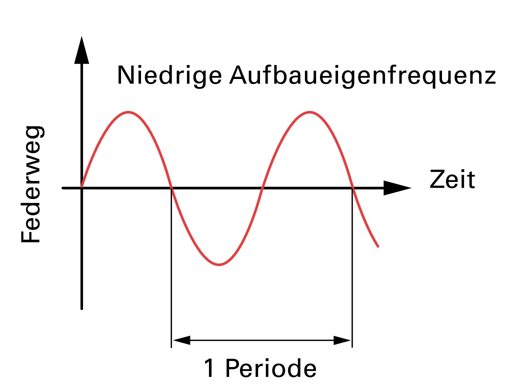
Je nach persönlichem Empfinden führt eine Aufbaueigenfrequenz unter 1 Hz zu Übelkeit. Frequenzen oberhalb von 1,5 Hz beeinträchtigen den Fahrkomfort und werden ab etwa 5Hz als Erschütterungen empfunden.

Definitionen

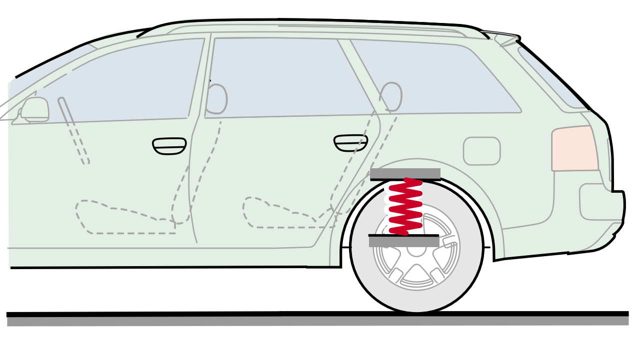
Schwingung	Auf- und Abbewegung der Masse (Aufbau)
Amplitude	Größter Abstand der schwingenden Masse zur Ruhelage (Schwingungsausschlag, Federweg)
Periode	Schwingzeit für eine Schwingung
Frequenz	Anzahl der Schwingungen (Perioden) pro Sekunde
Aufbaueigenfrequenz	Anzahl der Schwingungen der gefederten Masse (Aufbau) pro Sekunde
Resonanz	Die Masse wird im Rhythmus ihrer Schwingung durch eine Kraft angestoßen, wodurch die Amplitude größer wird (Aufschaukeln).

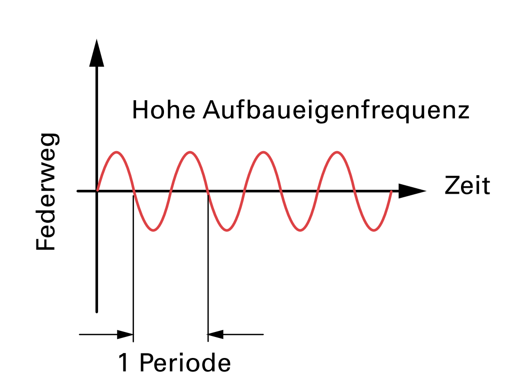
Größere Masse oder weichere Feder



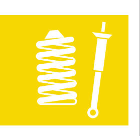


Kleinere Masse oder härtere Feder





242_072



Abstimmung der Aufbaueigenfrequenz

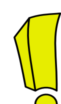
Je nach Motor- und Ausstattungsumfängen variieren die Achslasten (gefederten Massen) eines Fahrzeugtyps zum Teil sehr stark.

Um die Karosseriehöhe (Optik) und die Aufbaueigenfrequenz, welche die Fahrdynamik bestimmt, bei allen Varianten nahezu identisch zu halten, werden je nach Achslast an der Vorder- und Hinterachse unterschiedliche Feder-Dämpfer-Kombinationen verbaut.

So ist beispielsweise die Aufbaueigenfrequenz des Audi A6 auf 1,13Hz an der Vorderachse und 1,33Hz an der Hinterachse abgestimmt (Konstruktionslage).

Die Federrate der Feder ist somit bestimmend für das Maß der Aufbaueigenfrequenz.
Zur Unterscheidung der unterschiedlichen Federraten sind die Federn mit entsprechenden Farbmarkierungen gekennzeichnet (siehe Tabelle).

Der Dämpfungsgrad des Schwingungsdämpfers hat keinen nennenswerten Einfluss auf die Höhe der Aufbaueigenfrequenz. Er beeinflusst lediglich wie schnell die Schwingungen abgebaut werden (Dämpfungsmaß). Nähere Informationen finden sie unter Kap. Schwingungsdämpfung.



Bei Standardfahrwerken ohne Niveauregelung ist die Hinterachse grundsätzlich auf eine höhere Aufbaueigenfrequenz abgestimmt, da sich beim Beladen im Wesentlichen die Achslast der Hinterachse erhöht und sich somit die Aufbaueigenfrequenz verringert.

Auslegung der Federratenabstufung der Vorderachse am A6

242_073

Fahrzeugstandhöhe
Standhöhen-toleranz
c_{F1} = 33,3 N/mm
c_{F2} =35,2 N/mm
c_{F3} =37,2 N/mm
c_{F4} =39,3 N/mm
c_{F5} = 41,5 N/mm
c_{F6} = 43,7 N/mm
Bauteiletoleranzband
Nutzbarer Last-bereich einer Feder
Eigenfrequenztoleranzband
Aufbaueigenfrequenz
1,13 Hz
800 kg
850 kg
900 kg
950 kg
Achslast

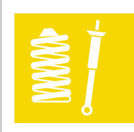
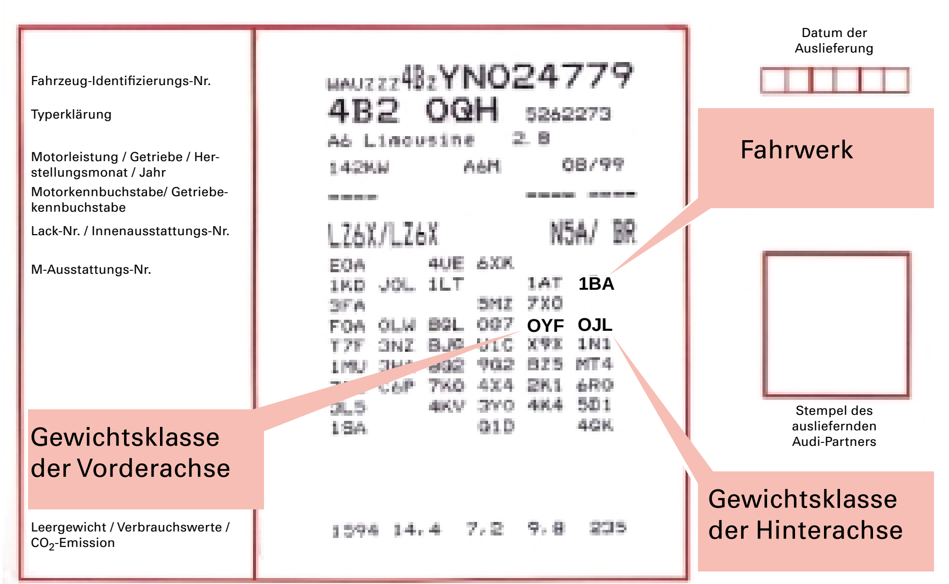


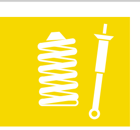
Tabelle Federzuordnung (Beispiel A6 Vorderachse 1BA)

PR-Nr. Gewichts-klasse Vorderachse		Achslast (kg)	Federn jeweils links und rechts (Federate)	Farbmarkierung
Standard-fahrwerk z.B 1BA	OJD	739 - 766	800 411 105 AN (29,6 N/mm)	1 violett, 3 braun
	OJE	767 - 794	800 411 105 AP (31,4 N/mm)	1 weiss, 1 braun
	OJF	795 - 823	800 411 105 AQ (33,3 N/mm)	1 weiss, 2 braun
	OJG	824 - 853	800 411 105 AR (35,2 N/mm)	1 weiss, 3 braun
	OJH	854 - 885	800 411 105 AS (37,2 N/mm)	1 gelb, 1 braun
	OJJ	886 - 918	800 411 105 AT (39,3 N/mm)	1 gelb, 2 braun
	OJK	919 - 952	800 411 105 BA (41,5 N/mm)	1 gelb, 3 braun
	OJL	953 - 986	800 411 105 BM (43,7 N/mm)	1 grün, 1 braun
	OJM	987 - 1023	800 411 105 BN (46,1 N/mm)	1 grün, 2 braun
Sport-fahrwerk Z. B. 1BE	OJD	753 - 787	800 411 105 P (40,1 N/mm)	1 grau, 3 violett
	OJE	788 - 823	800 411 105 Q (43,2 N/mm)	1 grün, 1 violett
	OJF	824 - 860	800 411 105 R (46,3 N/mm)	1 grün, 2 violett
	OJG	861 - 899	800 411 105 S (49,5 N/mm)	1 grün, 3 violett
	OJH	900 - 940	800 411 105 T (53,0 N/mm)	1 gelb, 1 violett
	OJJ	941 - 982	800 411 105 AA (56,6 N/mm)	1 gelb, 2 violett
	OJK	983 - 1027	800 411 105 AB (60,4 N/mm)	1 gelb, 3 violett

Gewährleistungsnachweis
Fahrzeug-Daten



242_108



Kenngrößen der Federn

Federkennlinie/Federrate

Erstellt man ein Kraft-Weg-Diagramm erhält man die Federkennlinie.

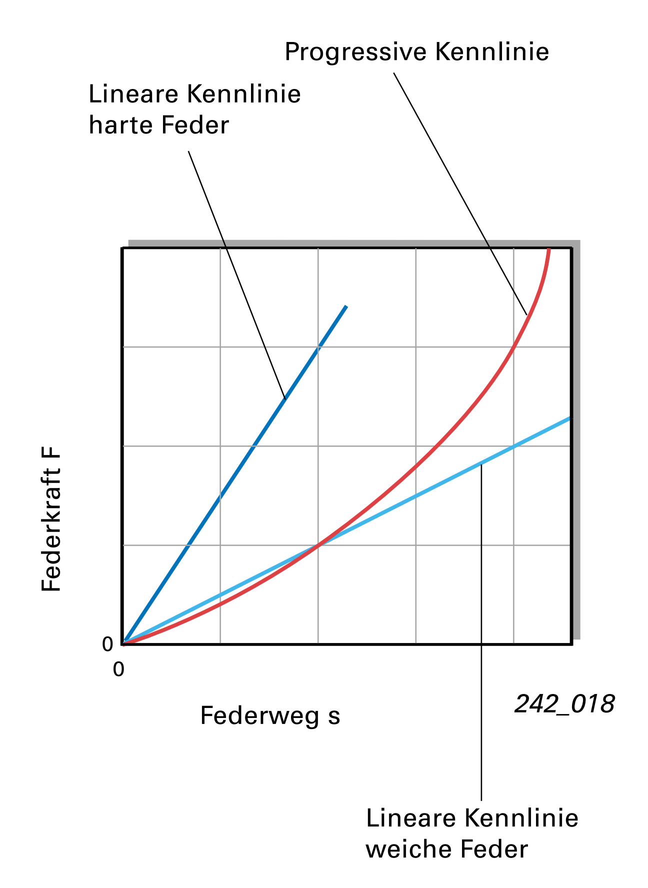
Die Federrate ist das Verhältnis der wirkenden Kraft zum Federweg. Die Maßeinheit der Federrate ist N/mm. Sie gibt Aufschluss darüber, ob eine Feder weich oder hart ist.

Ist die Federrate über den gesamten Federweg gleich groß, so hat die Feder eine lineare Federkennlinie.

Eine weiche Feder besitzt eine flache Federkennlinie, eine harte Feder ist durch eine steile Federkennlinie gekennzeichnet.

Eine Schraubenfeder wird härter durch:

- einen größeren Drahtdurchmesser
- einen kleineren Federdurchmesser
- eine geringere Zahl der Windungen

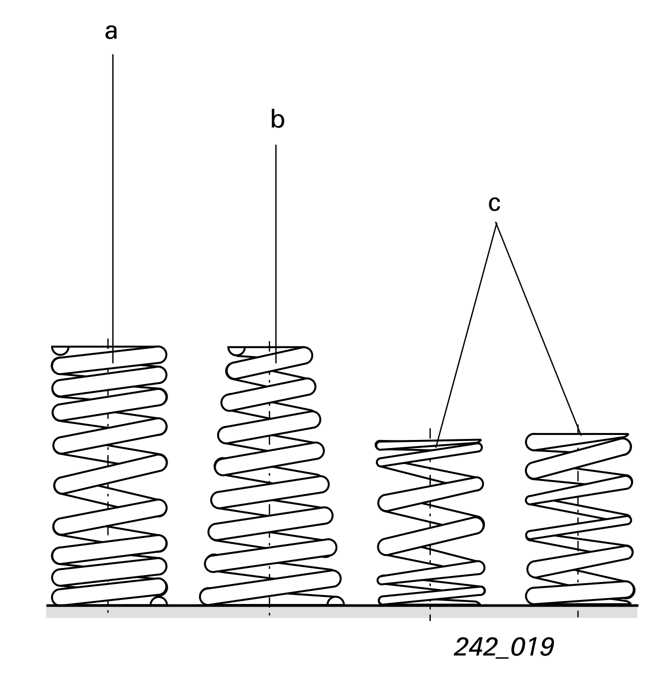


242_018

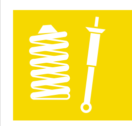
Wird die Federrate mit zunehmendem Federweg größer, so hat die Feder eine progressive Kennlinie.

Schraubfedern mit progressiver Kennlinie erkennt man an:

a) ungleicher Wicklungssteigung
b) konischer Wicklungsform
c) konischem Drahtdurchmesser
d) Kombination zweier Federelemente (Beispiel siehe nächste Seite)



242_019



(Beispiel: Federbein mit Zusatzfedern aus Polyhurethan)

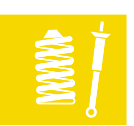
Feder

Zusatzfeder

Zuganschlageinsatz (im Dämpfer)
Leerlage
Konstruktionslage
Zusatzfedereinsatz
Anschlag unten
Anschlag oben
Anschlag unten
15
12
9
6
3
0
-120
-80
-40
0
40
80
120
Ausfederung in mm
Einfederung in mm
Gleichseitiges Federn
242_020

Vorteile der progressiven Federkennlinie:

- Bessere Abstimmung des Federsystems von normaler bis zur vollen Beladung.
- Bei Zuladung bleibt die Aufbaueigen-frequenz nahezu konstant.
- Bei starken Fahrbahnstößen schlägt die Federung nicht so schnell durch.
- Bessere Nutzung des zur Verfügung stehenden Federwegs.



Konventionelles Fahrwerk (Stahlfeder) ohne Niveauregelung

Federwege

Der für ein Fahrwerk ohne Niveauregelung erforderliche Gesamtfederweg s_{ges} setzt sich aus der statischen Einfederung s_{stat} und den durch Fahrzeugschwingungen entstehenden dynamischen Federwegen s_{dyn} bei leerem und voll beladenem Fahrzeug zusammen.

$$s_{ges} = s_{stat} + s_{dyn(leer)} + s_{dyn(voll)}$$

Bei Fahrzeugstillstand federt der Fahrzeugaufbau, je nach Beladung, um einen gewissen Federweg ein. Man spricht von statischer Einfederung s_{stat}.

Nachteilig beim konventionellen Fahrwerk ohne Niveauregelung wirkt sich vor allem der geringe Einfederweg bei voller Beladung aus.

Stahlfederung

H_V

H

H_L

$s_{stat\ (leer)}$

$s_{stat\ (voll)}$

Tragkraft in kN

10

8

6

4

2

–80 mm

–40 mm

0

+40 mm

+80 mm

dyn. Ausfederung

(leer)

s_{stat}

(voll)

(leer)

dyn. Einfederung

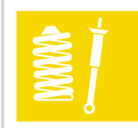
242_075

- voll beladen
- Konstruktionslage
- Leerlage
- Federkennlinie

H_V = Höhe voll beladen

H = Höhe Konstruktionslage

H_L = Höhe Leerlage



Die statische Einfederung ...

... ist die Ausgangsstellung (Null) für die dynamischen Federbewegungen, Einfederweg (Plus) und Ausfederweg (Minus).

... ist abhängig von der Federrate und von der Beladung (gefederte Massen).

... ergibt sich aus der Differenz zwischen der statischen Einfederung leer $s_{stat(leer)}$ und der statischen Einfederung voll beladen $s_{stat\ (voll)}$.

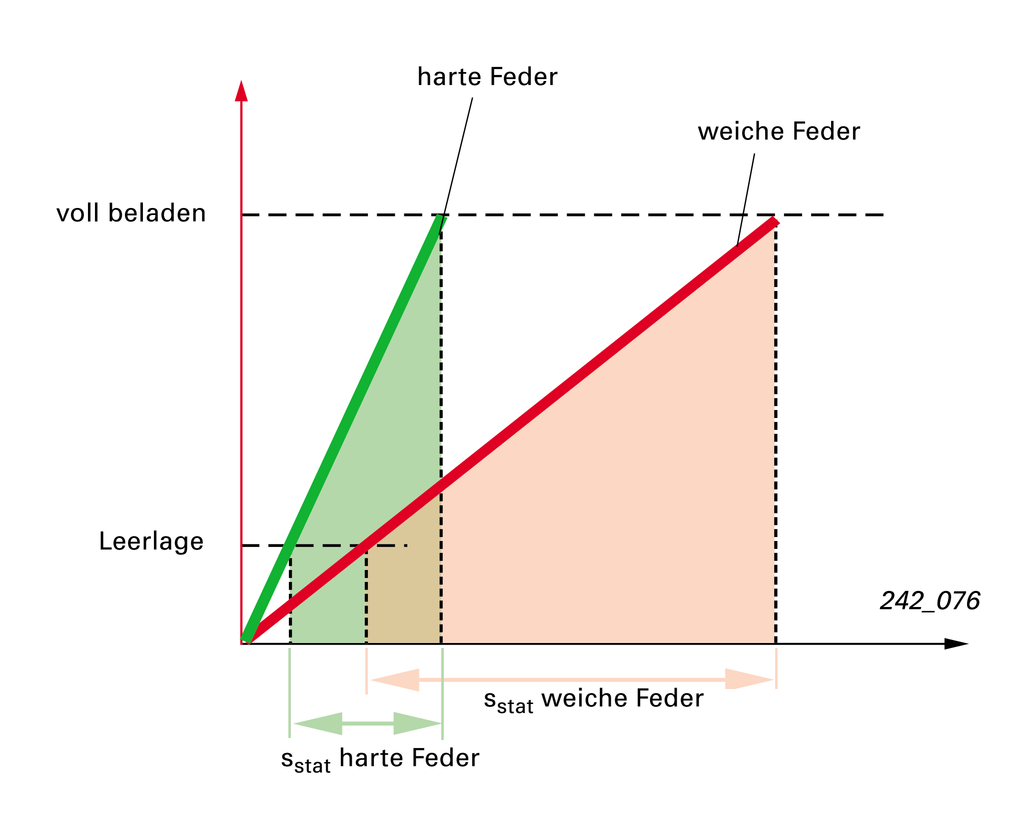
$$s_{stat} = s_{stat(voll)} - s_{stat(leer)}$$

Definitionen:

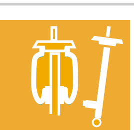
Die **Leerlage** ...
... ist die Einfederung, die sich ergibt, wenn das „betriebsfertige" Fahrzeug (vollständig gefüllter Kraftstoffbehälter, Reserverad und Bordwerkzeug vorhanden) auf den Rädern steht.
Die **Konstruktionslage** ...
... wird durch die Leerlage plus zusätzlicher Beladung mit drei Personen á 68 kg definiert.

Bei einer flachen Federkennlinie (weiche Feder) ist die Differenz und somit die statische Einfederung zwischen leer und voll beladen sehr groß.

Bei einer steilen Federkennlinie verhält sich die Sachlage entgegengesetzt, verbunden mit dem Nachteil der überproportionalen Erhöhung der Aufbaueigenfrequenz.



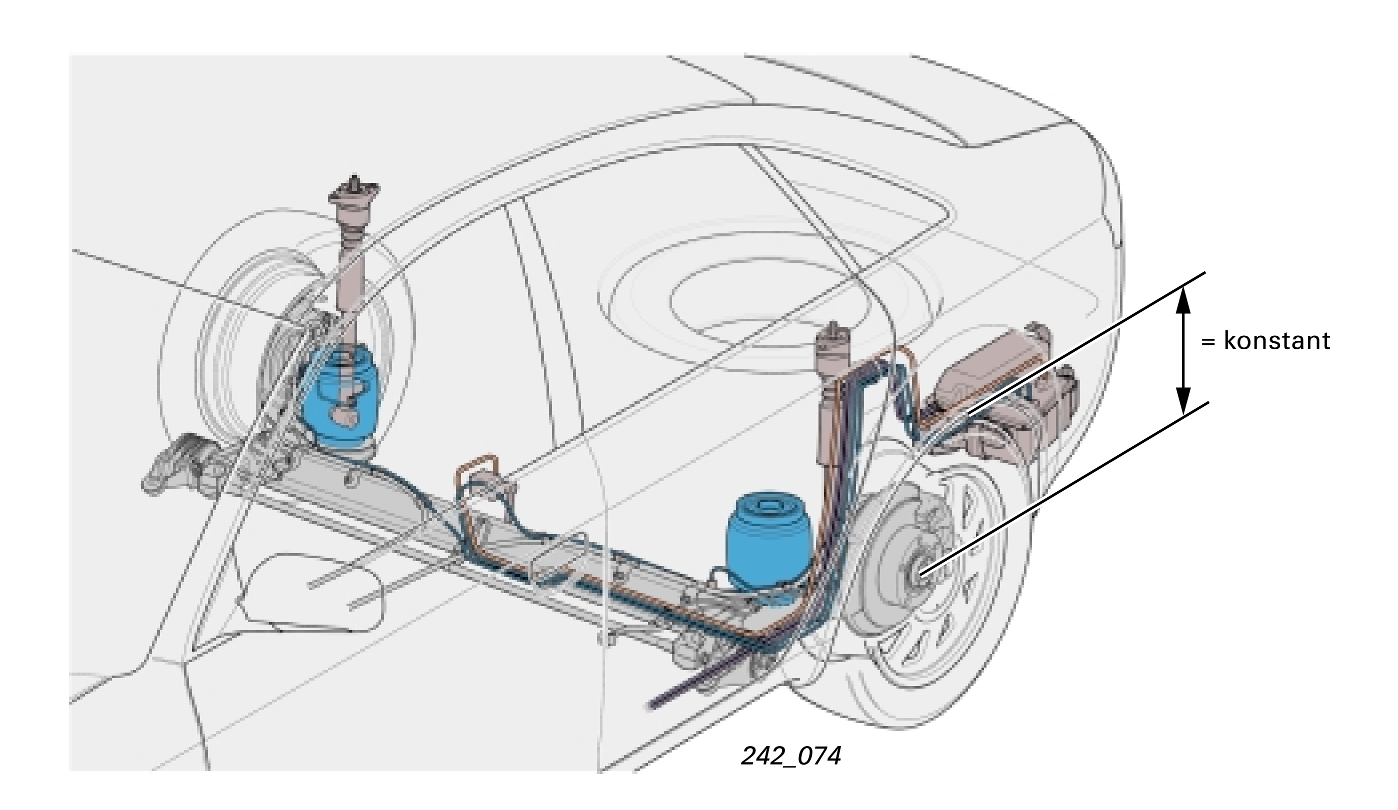
Grundlagen Luftfederung



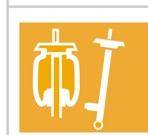
Luftfederung mit Niveauregelung

Die **Luftfederung** ist eine regelbare Fahrzeugfederung.
Bei der Luftfederung ist eine Niveauregelung einfach zu realisieren und daher im Systemumfang generell integriert.
Die grundsätzlichen Vorteile einer Niveauregelung sind:

- Die statische Einfederung ist unabhängig von der Beladung immer gleich (siehe nächste Seite). Der Raumbedarf in den Radhäusern für den Freigang der Räder ist dadurch gering, was der allgemeinen Raumausnutzung zu Gute kommt.
- Der Fahrzeugaufbau kann weicher abgefedert werden, was den Fahrkomfort erhöht.
- Die Erhaltung der vollen Ein- und Ausfederwege für alle Beladungszustände.
- Die Erhaltung der vollen Bodenfreiheit bei allen Beladungszuständen.
- Keine Spur- und Sturzveränderungen bei Beladung.
- Keine Verschlechterung des c_W-Wertes und des optischen Erscheinungsbildes.
- Weniger Verschleiß der Achsgelenke durch geringerer Beugewinkel.
- Gegebenenfalls ist eine höhere Zuladung möglich.



242_074



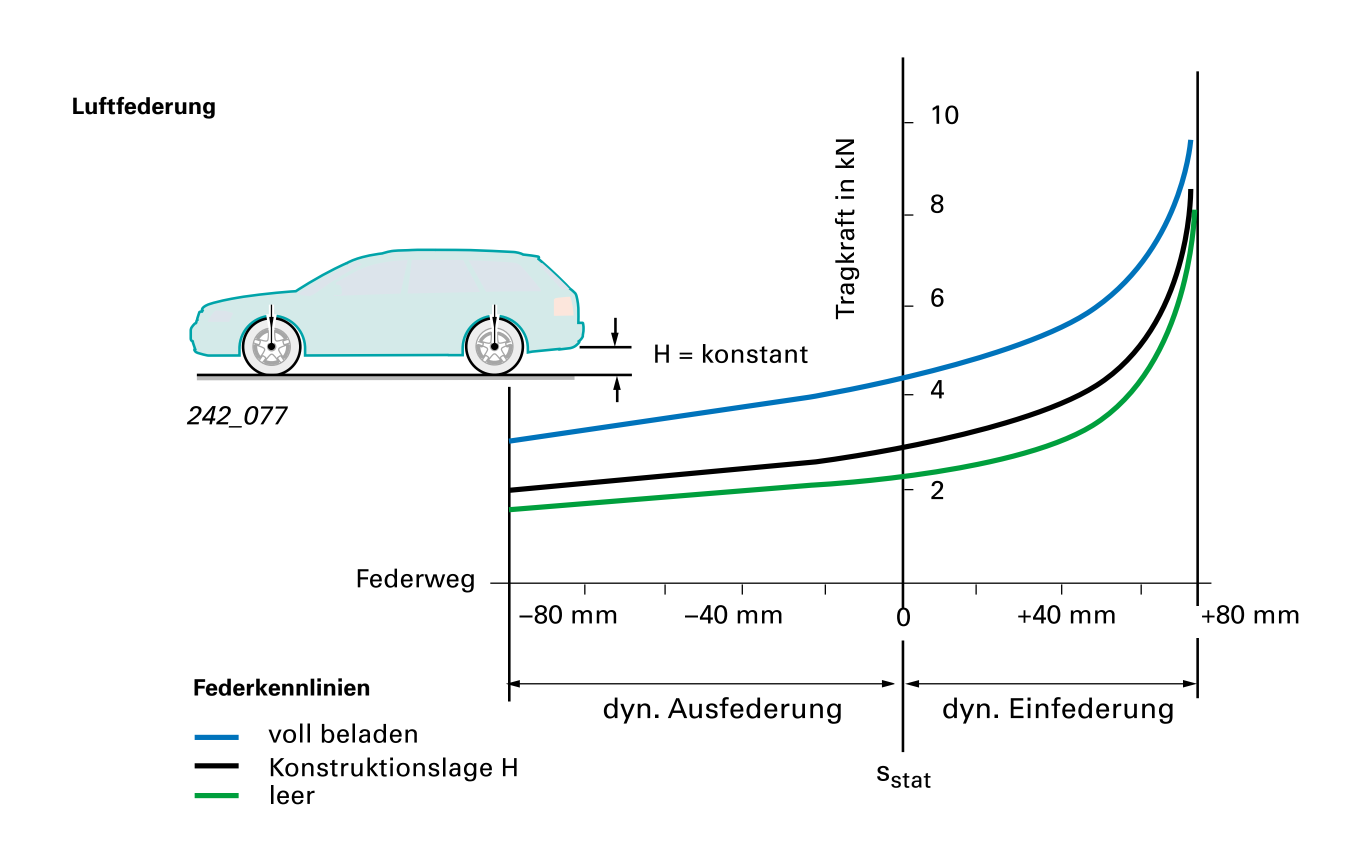
Mit Hilfe der Niveauregelung wird der Fahrzeugaufbau (gefederte Massen) durch Anpassen des Luftfederdruckes stets auf gleichem Niveau (Konstruktionslage) gehalten.

Die statische Einfederung ist durch die Niveauregelung somit immer gleich und braucht bei der Konstruktion der Radfreigänge nicht berücksichtigt werden.

$s_{stat} = 0$

Eine weitere Besonderheit der Luftfederung mit Niveauregelung ist, dass die Aufbaueigenfrequenz zwischen leer und voll beladen nahezu konstant bleibt (siehe Kapitel „Kenngrößen der Luftfeder“ Seite 21).

Neben den prinzipiellen Vorteilen einer Niveauregelung bietet deren Realisierung mittels einer Luftfederung (Audi A6) einen wesentlichen Vorzug.
Dadurch, dass der Luftdruck in den Luftfedern entsprechend der Beladung angepasst wird, ergibt sich eine Änderung der Federrate die proportional zu der gefederten Masse ist. Die positive Auswirkung ist, dass die Aufbaueigenfrequenz und damit der Fahrkomfort, unabhängig vom Beladungszustand nahezu konstant bleibt.



Grundlagen Luftfederung

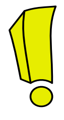


Ein weiterer Vorzug ist die prinzipbedingte, progressive Kennlinie einer Luftfeder.

Mit Hilfe der Luftfederung als **volltragende** Federung an beiden Achsen (Audi allroad quattro) können unterschiedliche Fahrzeugniveaus eingestellt werden, z. B.:

- ► Normaler Fahrzustand für Fahrten im Stadtverkehr.
- ► Abgesenkter Fahrzustand bei hohen Geschwindigkeiten zur Verbesserung der Fahrdynamik und des Luftwiderstandes.
- ► Angehobener Fahrzustand für Fahrten im Gelände und auf schlechten Straßen.

Mehr dazu finden sie SSP 243 „4-Level-Luftfederung im Audi allroad quattro".

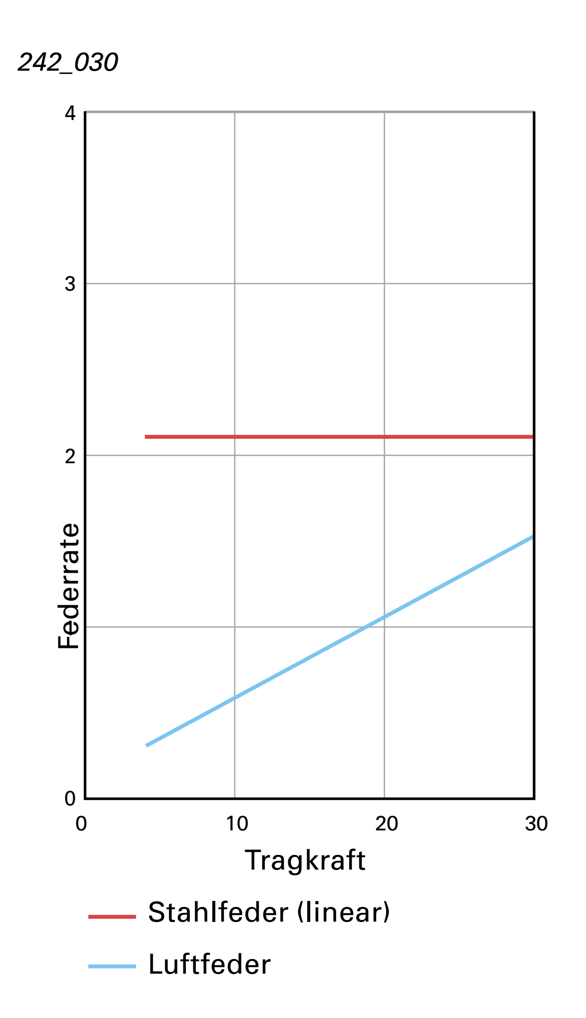


Volltragend bedeutet:

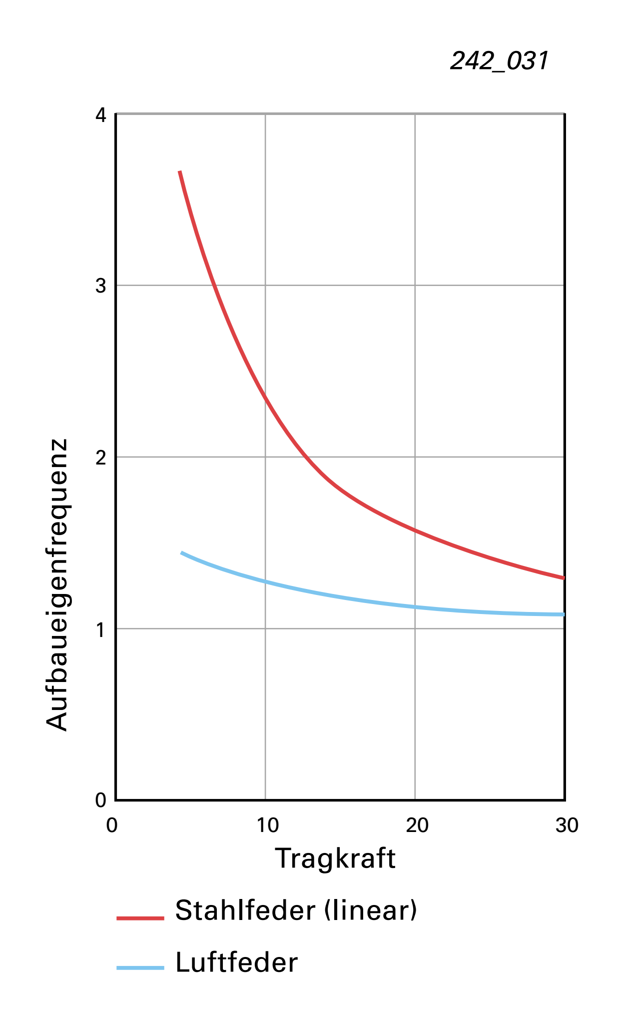
Niveauregelsysteme sind oftmals durch Kombination von Stahl- oder Gasdruckfedern mit hydraulischer oder pneumatischer Regelung kombiniert. Die Tragkraft dieser Federsysteme resultiert aus der Summe beider Systeme. Man nennt sie deshalb „teiltragend"„ (Audi 100/Audi A8).

Die Federsysteme beim Audi A6 mit Niveauregulierung (an der Hinterachse) und beim Audi allroad quattro (Hinter und Vorderachse) haben als tragende Federelemente nur reine Luftfedern und werden deshalb als „volltragend bezeichnet.

242_030



242_031





Aufbau der Luftfeder

Bei Personenkraftwagen kommen als Federelemente Luftfedern mit Schlauchrollbälgen zum Einsatz.
Sie ermöglichen große Federwege bei geringem Raumbedarf.

Die Luftfeder besteht aus:

- Oberer Gehäuseabschluss
- Schlauchrollbalg
- Abrollkolben (unterer Gehäuseabschluss)
- Spannringe

Der Aufbau des Schlauchrollbalges ist aus der Abbildung 242_032 ersichtlich.

Die äußere und innere Deckschicht ist aus hochwertigem Elastomer-Werkstoff hergestellt. Der Werkstoff ist widerstandsfähig gegen alle Witterungseinflüsse und weitgehend ölbeständig. Die innere Deckschicht ist besonders luftdicht ausgeführt.

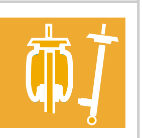
Der Festigkeitsträger nimmt die Kräfte auf, die durch den Innendruck in den Luftfedern entstehen.

Koaxiale Anordnung der Luftfeder

Oberer Gehäuseabschluss
Spannring
Innere Deckschicht
Gewebeeinlage 1
Gewebeeinlage 2
Äußere Deckschicht
Abrollkolben

242_032

Grundlagen Luftfederung

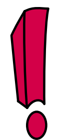


Hochwertiger Elastomer-Werkstoff und Gewebeeinlagen (Festigkeitsträger) aus Polyamidcord verleihen dem Schlauchrollbalg ein gutes Abrollverhalten sowie ein feinfühliges Ansprechen des Federsystems (Anfedern).
Die geforderten Eigenschaften werden über einen weiten Temperaturbereich zwischen -35 °C und +90 °C erfüllt.

Die Einspannung des Schlauchrollbalges zwischen dem oberen Gehäuseabschluss und dem Kolben erfolgt durch Spannringe aus Metall. Die Spannringe werden vom Hersteller maschinell verpresst.

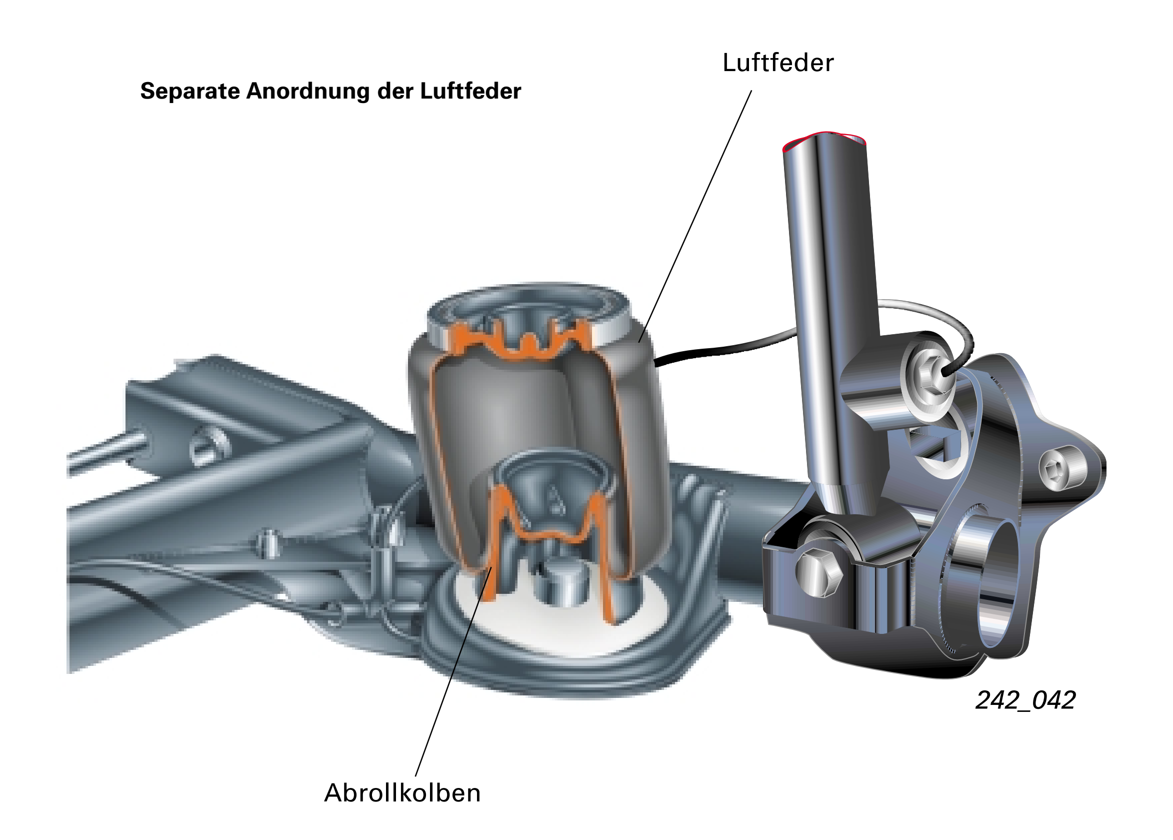
Der Schlauchrollbalg rollt auf dem Abrollkolben ab.

In Abhängigkeit der Achskonstruktion sind die Luftfedern separat vom Stoßdämpfer oder zusammen als Federbein (koaxiale Anordnung) ausgeführt.



Luftfedern dürfen in drucklosem Zustand nicht bewegt werden, da hierbei der Schlauchrollbalg nicht auf dem Kolben abrollen kann und somit beschädigt wird.
Bei einem Fahrzeug mit druckloser Luftfeder muss vor dem Anheben bzw. Absenken (z. B. mit Hebebühne oder Wagenheber) die entsprechende Luftfeder mit Hilfe des Diagnosetesters befüllt werden (siehe Reparatur-Leitfaden).

Separate Anordnung der Luftfeder



Kenngrößen der Luftfeder

Federkraft/Federrate

Die Federkraft (Tragkraft) F einer Luftfeder ist bestimmt durch die wirksame Fläche A_W und dem Überdruck in der Luftfeder p_i.

$F = p_i \times A_W$

Die wirksame Fläche A_W wird durch den wirksamen Durchmesser d_W definiert.

Bei einem starren Gebilde, wie Kolben und Zylinder, entspricht der wirksame Durchmesser dem Durchmesser des Kolbens.

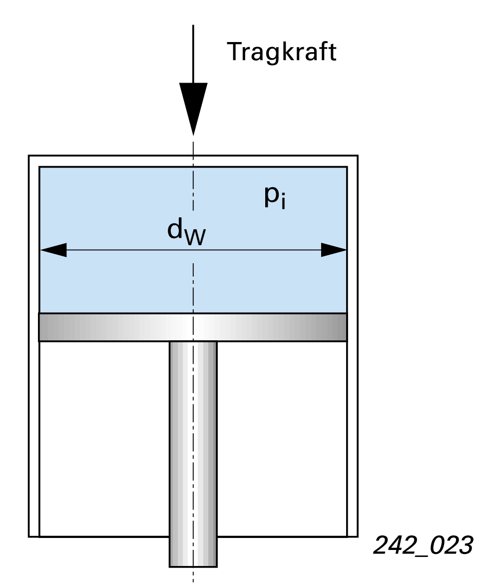
Bei der Luftfeder mit Schlauchrollbalg ist der wirksame Durchmesser durch den tiefsten Punkt der Rollfalte bestimmt.

Wie die Formel zeigt, steht die Tragkraft einer Luftfeder im direktem Verhältnis zu deren Innendruck und der wirksamen Fläche. Statisch (keine Aufbaubewegung) lässt sich die Tragkraft (Federkraft) durch Variieren des Druckes in der Luftfeder sehr einfach verändern.

Auf Grund der unterschiedlichen Drücke, je nach Beladungszustand, ergeben sich entsprechende Federkennlinien bzw. Federraten. Dabei ändert sich die Federrate im gleichen Verhältnis wie das Aufbaugewicht, wodurch die für das Fahrverhalten interessante Aufbaueigenfrequenz konstant bleibt. Die Luffederung ist auf eine Aufbaueigen-frequenz von 1,1 Hz abgestimmt.

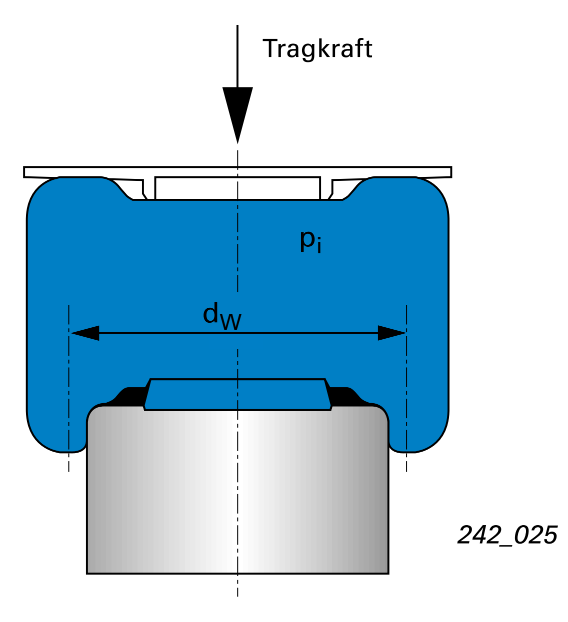


Kolben und Zylinder

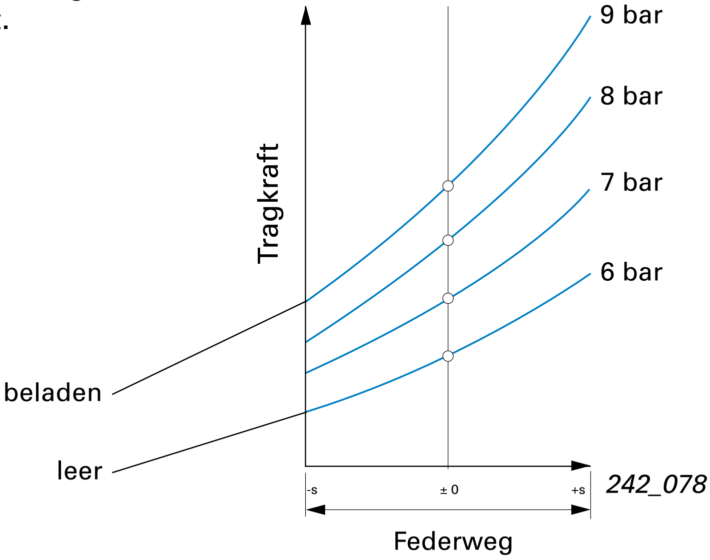


242_023

Schlauchrollbalg



242_025



242_078

Grundlagen Luftfederung



Federkennlinie

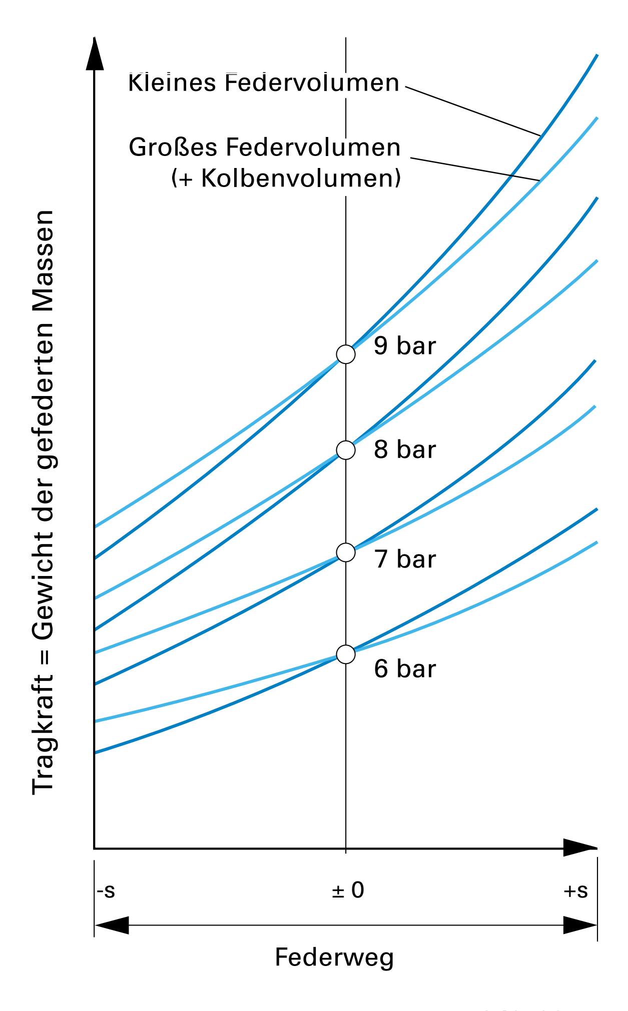
Prinzipbedingt ist die Federkennlinie einer Luftfeder progressiv (bei zylindrischem Kolben).

Der Verlauf der Federkennlinie (Neigung flach/steil) wird durch das Federvolumen bestimmt.

Ein großes Federvolumen ergibt einen flachen Verlauf der Federkennlinie (weiche Feder), ein kleines Federvolumen ergibt einen steilen Verlauf der Federkennlinie (harte Feder).

Der Verlauf der Progression der Federkennlinie kann durch die Kontur des Abrollkolbens beeinflusst werden.

Eine Änderung der Kontur des Abrollkolbens bedingt eine Änderung des wirksamen Durchmessers und somit der Federkraft.

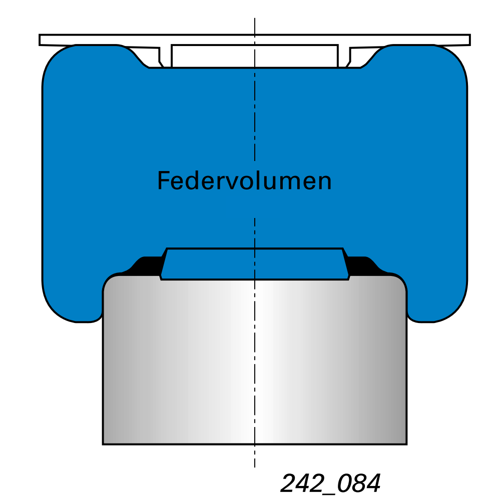


242_027

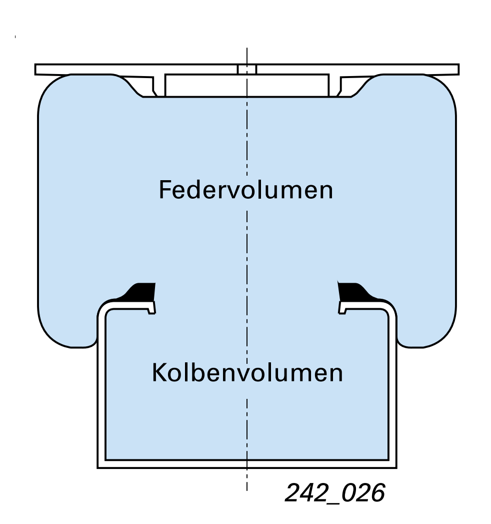
Fazit

Zur Abstimmung der Luftfeder mit Schlauchrollbalg stehen somit folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

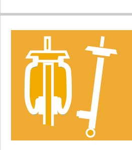
- Größe der wirksamen Fläche
- Größe des Federvolumens
- Kontur des Abrollkolbens



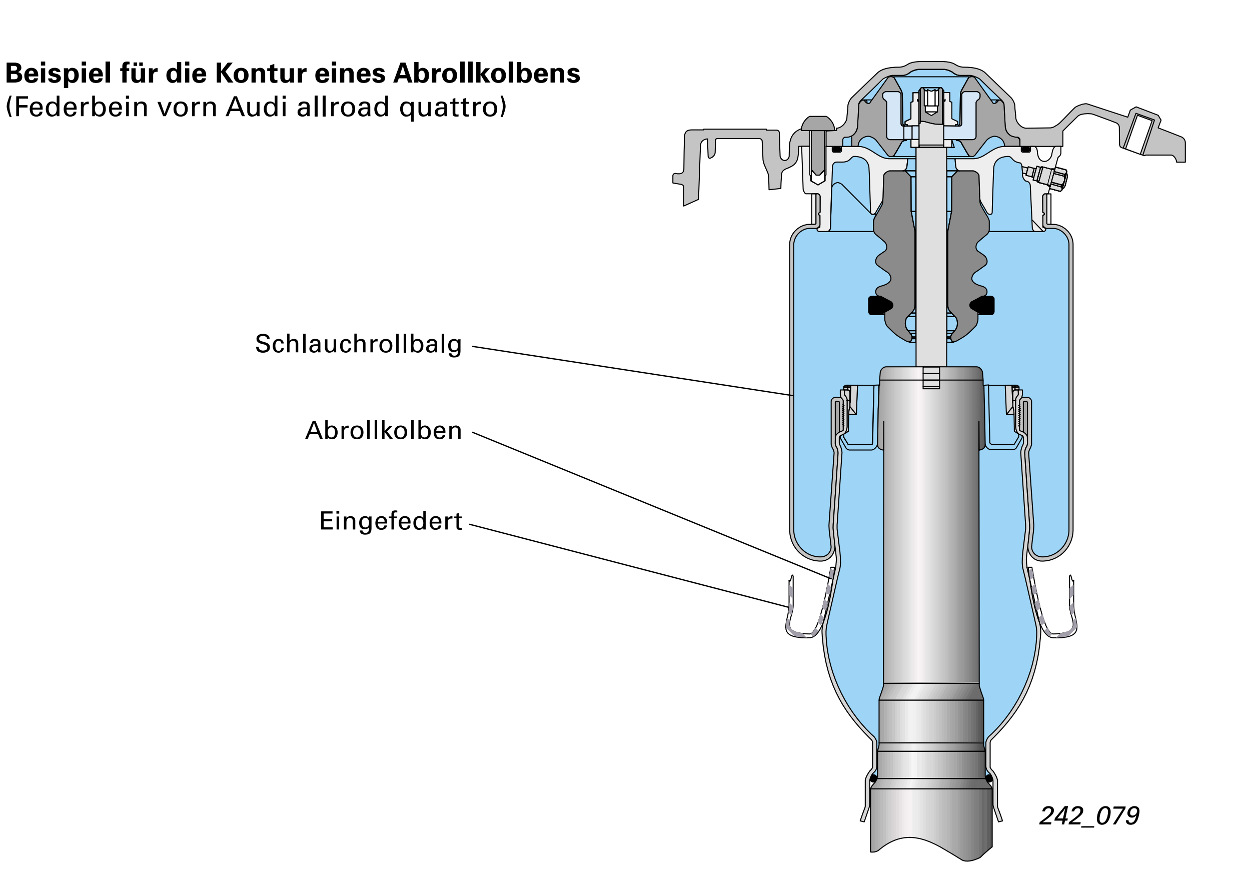
242_084



242_026



Beispiel für die Kontur eines Abrollkolbens
(Federbein vorn Audi allroad quattro)





Die Schwingungs-dämpfung

Ohne Schwingungsdämpfung würden im Fahrbetrieb die Schwingungen der Massen durch aufeinanderfolgende Bodenunebenheiten so verstärkt, das sich der Aufbau zu immer größeren Schwingungen aufschaukelt und die Räder den Fahrbahnkontakt verlieren.

Aufgabe der Schwingungsdämpfung ist es, die von der Federung aufgenommenen Schwingungen (Energie) möglichst schnell zum Abklingen zu bringen.

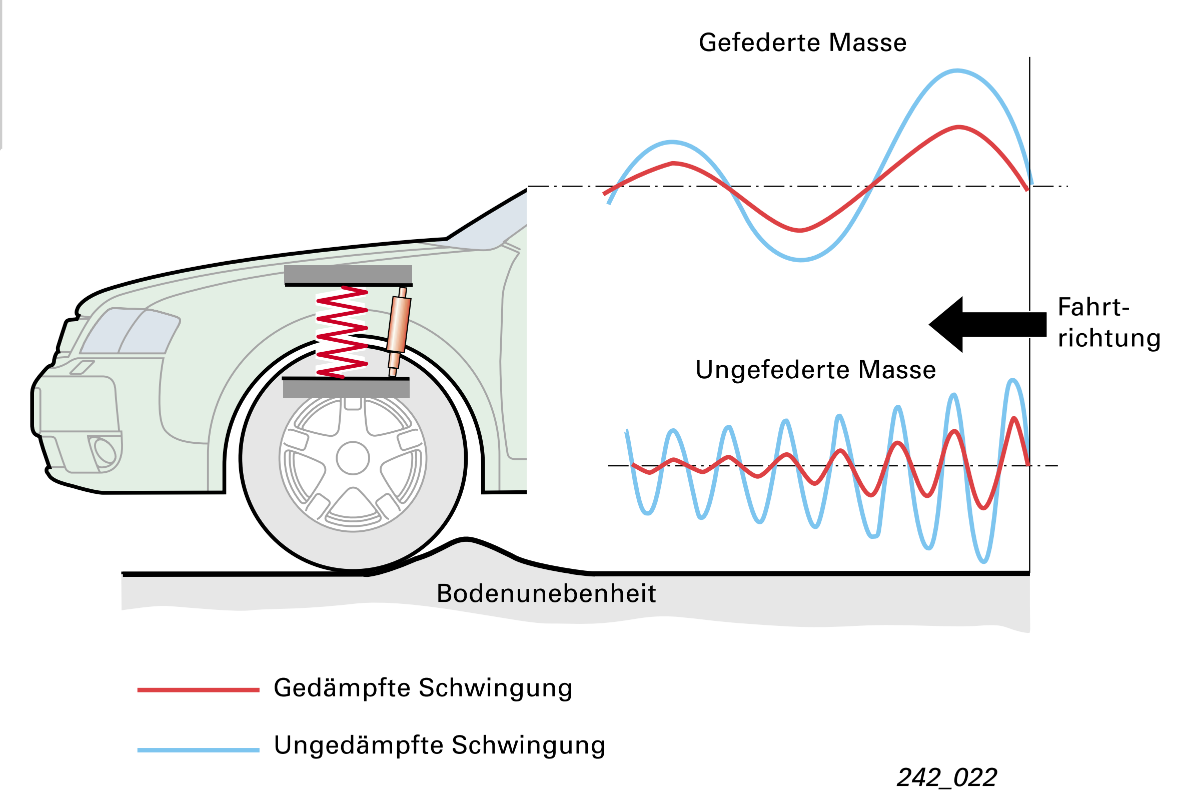
Dazu sind parallel zu den Federn hydraulische Schwingungsdämpfer (Stoßdämpfer) angeordnet.

Schwingungsdämpfer gibt es in unterschiedlichen Ausführungen, ihre Aufgabe und ihre grundsätzliche Wirkungsweise ist jedoch die Gleiche.

Im Kraftfahrzeugbau hat sich die hydraulisch-mechanische Dämpfung durchgesetzt. Besonders in der Bauform des Teleskopstoßdämpfers, da dieser wegen seiner kleinen Abmessungen, geringen Reibung, präziser Dämpfung und einfachen Bauart das Optimum darstellt.

Grundlagen Luftfederung





242_022

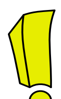
Wie bereits erwähnt hat die Schwingungsdämpfung einen elementaren Einfluss auf die Fahrsicherheit und dem Fahrkomfort.

Dabei sind die Anforderungen der Fahrsicherheit (Fahrdynamik) und des Fahrkomforts gegensätzlich.

Innerhalb gewisser Grenzen gilt grundsätzlich:

- ► Ein hoher Dämpfungsgrad verbessert die Fahrdynamik und verringert den Fahrkomfort.

- ► Ein niedriger Dämpfungsgrad verbessert den Fahrkomfort und mindert die Fahrdynamik.



Die Bezeichnung „Stoßdämpfer“ ist irreführend, da sie nicht funktionsgerecht ist.
Deshalb wird hier die Bezeichnung „Schwingungsdämpfer“ verwendet.

Der Stoßdämpfer (Schwingungsdämpfer)

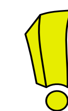


Zweirohr-Gasdruckstoßdämpfer

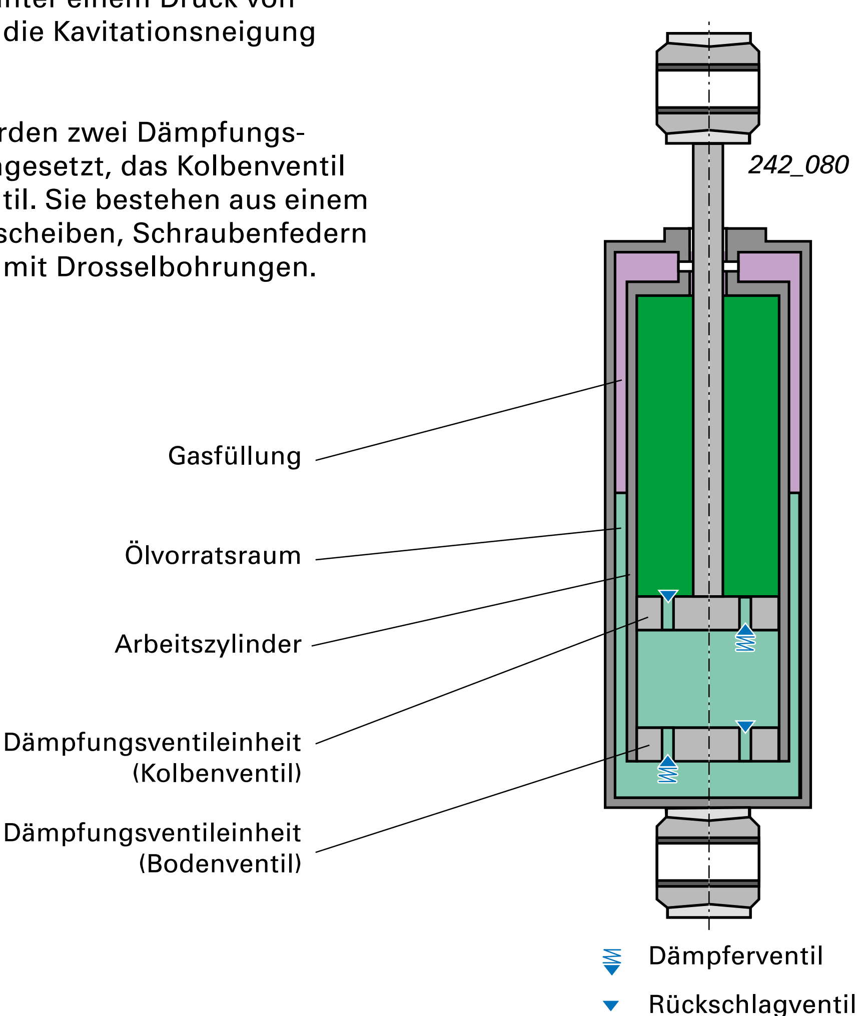
Als Standarddämpfer hat sich der Zweirohr-Gasdruckstoßdämpfer durchgesetzt.
Beim Zweirohr-Gasdruckstoßdämpfer bilden der Arbeitszylinder und das Gehäuse zwei Räume. Der Arbeitsraum, in dem sich der Kolben und die Kolbenstange bewegen, ist vollständig mit Hydrauliköl befüllt. Der ringförmige Ölvorratsraum zwischen Arbeitszylinder und Gehäuse dient dazu, Volumenänderungen verursacht durch die Kolbenstange sowie Temperaturänderungen des Hydrauliköls auszugleichen.

Der Ölvorratsraum ist nur zum Teil mit Öl befüllt und steht unter einem Druck von 6 - 8 bar, wodurch die Kavitationsneigung reduziert wird.

Zur Dämpfung werden zwei Dämpfungs-ventileinheiten eingesetzt, das Kolbenventil und das Bodenventil. Sie bestehen aus einem System von Federscheiben, Schraubenfedern und Ventilkörpern mit Drosselbohrungen.



Kavitation ist die Hohlraumbildung mit Auftreten eines Vakuums in einer schnellen Flüssigkeitsströmung.



Grundlagen Luftfederung

Funktion



Beim Einfedern (Druckstufe), wird die Dämpfung vom Bodenventil und zu einem gewissen Teil auch vom Durchflusswiderstand des Kolbens bestimmt.
Das durch die Kolbenstange verdrängte Öl strömt in den Ölvorratsraum. Das Bodenventil setzt dieser Strömung einen definierten Widerstand entgegen und bremst somit die Bewegung ab.

Beim Ausfedern (Zugstufe) übernimmt das Kolbenventil allein die Dämpfung und setzt dem nach unten strömenden Öl einen definierten Widerstand entgegen.
Über das Rückschlagventil im Bodenventil kann das im Arbeitsraum benötigte Öl ungehindert nachfließen.

Druckstufe

Zugstufe

Kolbenventil

Ölvorratsraum

Dämpferventil

Rückschlagventil

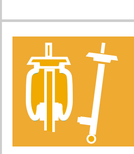
Bodenventil

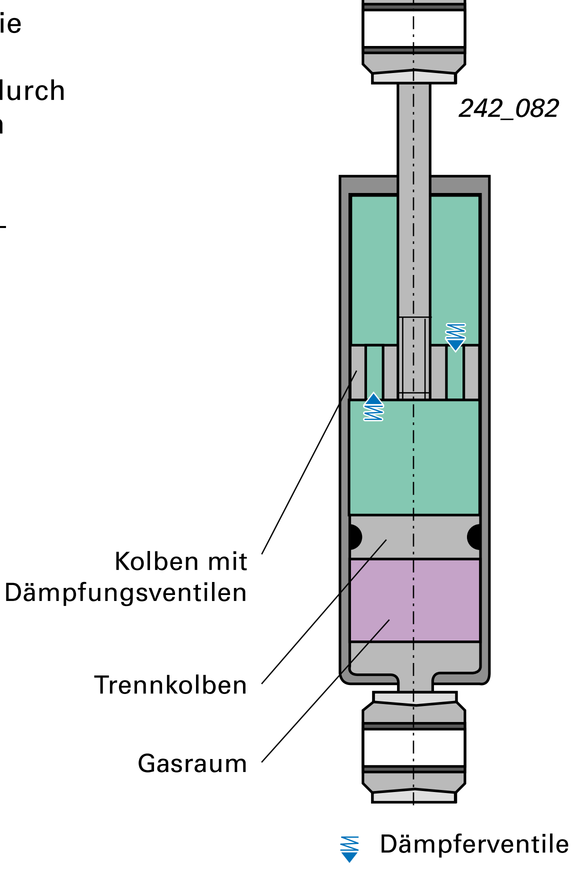
242_081

Einrohr-Gasdruckstoßdämpfer

Beim Einrohr-Gasdruckstoßdämpfer befindet sich der Arbeitsraum und der Ölvorratsraum in einem einzigen Zylinderrohr. Volumenänderungen verursacht durch die Kolbenstange sowie den Temperaturänderungen des Öls werden durch einen separaten Gasraum, welcher durch einen Trennkolben vom Arbeitszylinder abgetrennt ist, ausgeglichen. Das Druckniveau im Gasraum beträgt ca. 25 – 30 bar und muss die Dämpfkräfte beim Einfedern abstützen.

Die Dämpfungsventile für die Druck- und Zugstufe sind im Kolben integriert.





Vergleich Einrohr-/Zweirohr-Gasdruckstoßdämpfer:

	Zweirohr-Gasdruckstoßdämpfer	**Einrohr-Gasdruckstoßdämpfer**
Ventilfunktion	Durch Gasdruck im Ölvorratsraum wird die Kavitationsneigung verringert	Sehr geringe Kavitationsneigung durch hohen Gasdruck und Trennung von Öl und Gas
Kennlinien	Beliebig, durch getrennte Ventile in Zug- und Druckstufe	In der Druckstufe abhängig vom Gasdruck
Dämpfung bei kurzen Hüben	Gut	Besser
Reibung	Niedrig	Höher, wegen druckbelasteter Dichtung
Bauform	Im Durchmesser dicker	Wegen des Gasraums im Zylinder länger
Einbaulage	Ungefähr senkrecht	Beliebig
Gewicht	Schwerer	Leichter



Funktion

Beim Einfedern (Druckstufe) wird das Öl aus dem unteren Raum durch das im Kolben integrierte Druckstufenventil gedrückt, welches dem Öl einen definierten Widerstand entgegensetzt. Das Gaspolster verdichtet sich dabei um den Betrag des eintauchenden Kolbenstangenvolumens.

Beim Ausfedern (Zugstufe) wird das Öl aus dem oberen Raum durch das im Kolben integrierte Zugstufenventil gedrückt, welches dem Öl einen definierten Widerstand entgegensetzt. Das Gaspolster entspannt sich um den Betrag des austauchenden Kolbenstangenvolumens.

242_083

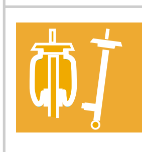
Dämpfungsabstimmung

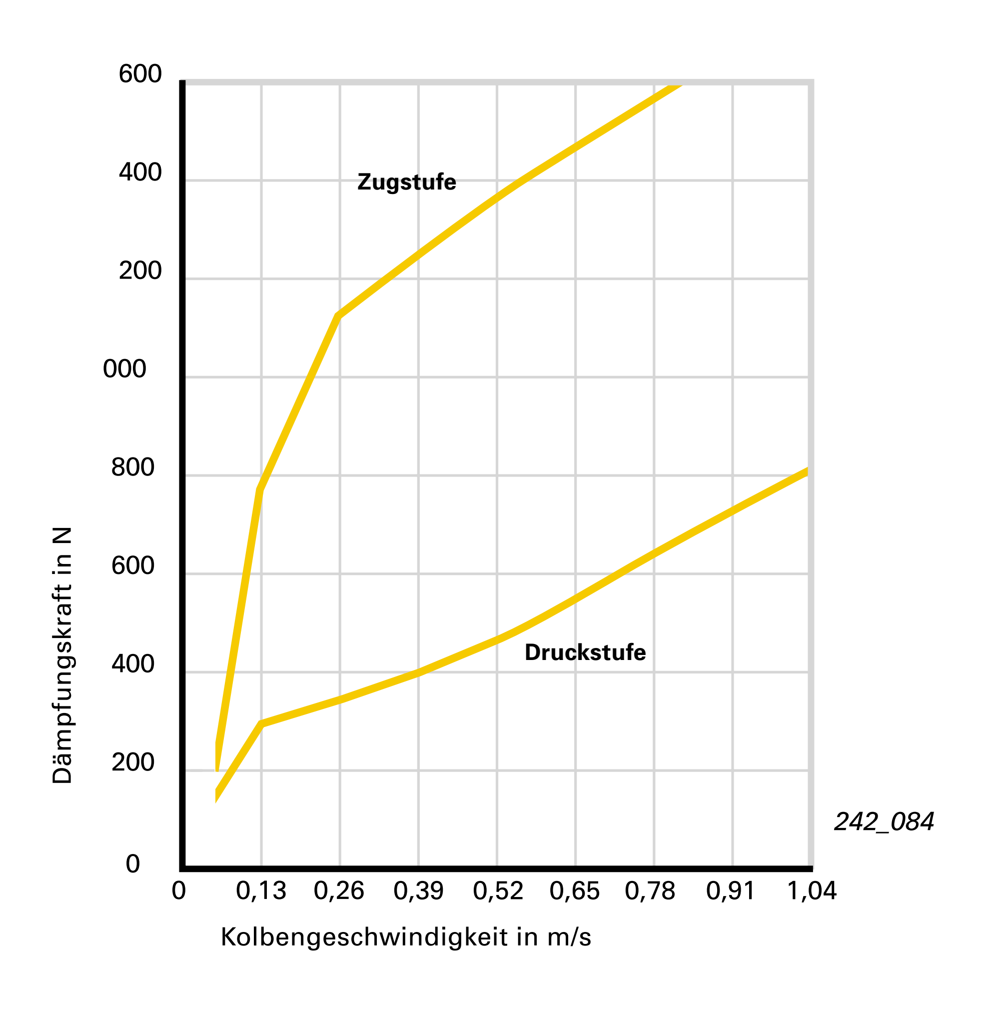
Bei der Dämpfung wird grundsätzlich zwischen Druckstufe (Einfedern) und Zugstufe (Ausfedern) unterschieden.

Die Dämpfungskraft in der Druckstufe ist im allgemeinen geringer als in der Zugstufe. Dadurch werden die Fahrbahnstöße nicht so stark auf den Fahrzeugaufbau übertragen. Die Feder nimmt die Energie auf, welche beim Ausfedern durch die stärker wirkende Zugstufe schnell abgebaut wird.

Vorteil dieser Abstimmung:
Gutes Ansprechverhalten der Fahrzeugfederung sorgt für hohen Fahrkomfort.

Nachteilig wirkt sich diese Abstimmung bei schneller Folge von Fahrbahnunebenheiten aus. Wenn die Zeit zwischen den Stößen zum Ausfedern nicht mehr ausreicht, “verhärtet” sich im Extremfall die Federung sehr stark was wiederum den Fahrkomfort und die Fahrsicherheit beeinträchtigt.





242_084



Der Dämpfungsgrad ...

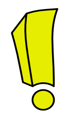
... ist der Faktor, wie schnell die Schwingungen abgebaut werden.

... des Fahrzeugaufbaus ist von der Dämpfungskraft des Stoßdämpfers und den gefederten Massen abhängig.

Bei unveränderter Dämpfungskraft gilt:

Eine Erhöhung der gefederten Massen reduziert den Dämpfungsgrad. Das bedeutet, die Schwingungen werden langsamer abgebaut.

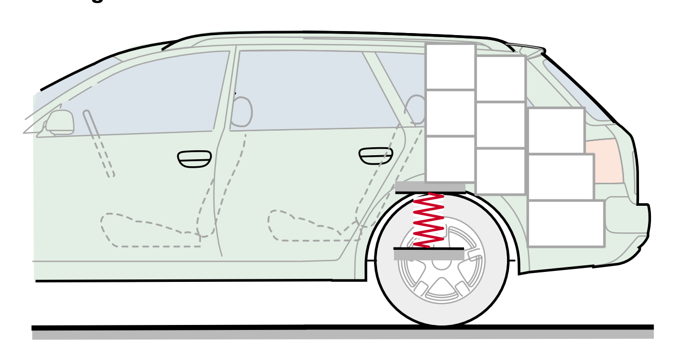
Eine Verringerung der gefederten Massen erhöht den Dämpfungsgrad. Das bedeutet, die Schwingungen werden schneller abgebaut.

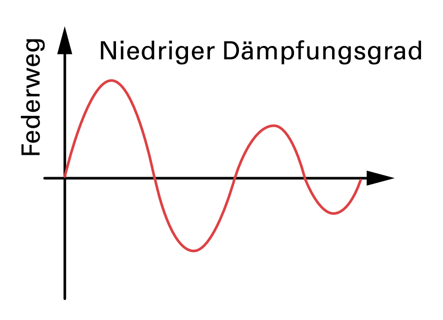


Der **Dämpfungsgrad** beschreibt, wieviel kinetische Energie einem Schwingungssystem zwischen zwei Schwingperioden durch Dämpfung entzogen wird,

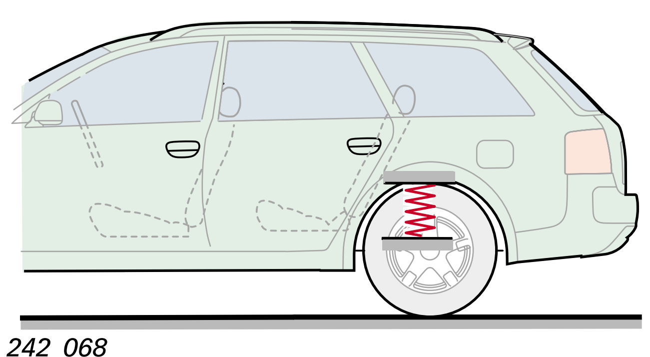
Das **Dämpfungsmaß** ist lediglich ein anderer Ausdruck für den Dämpfungsgrad.

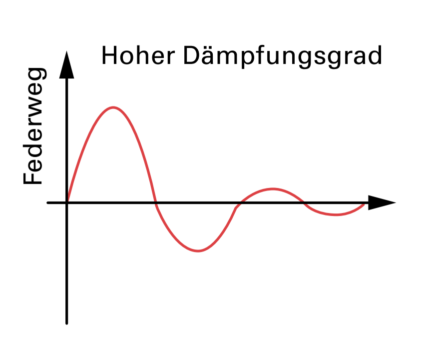
Erhöhte gefederte Masse



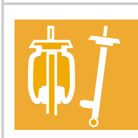


Verringerte gefederte Masse





242_068



Die Dämpfungskraft

Die Dämpfungskraft ist abhängig vom zu verdrängendem Ölvolumen (Fläche des Dämpferkolbens), dem Strömungswiderstand der Dämpferventile, der Geschwindigkeit des Dämpferkolbens sowie der Viskosität des Dämpferöls.

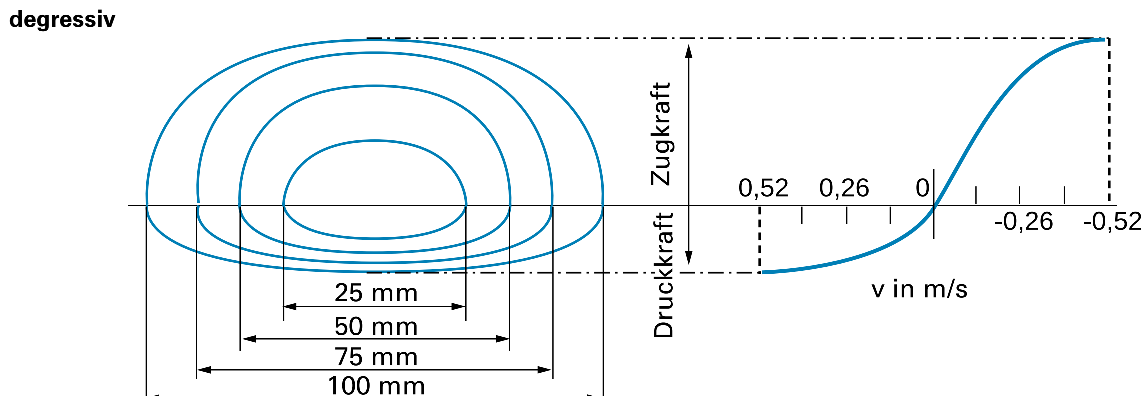
Die Dämpfungskraft wird mit Hilfe einer Prüfmaschine ermittelt. Bei konstanter Drehzahl erzeugt diese Maschine unterschiedliche Hübe in Zug- und Druckrichtung und somit unterschiedliche Ein- und Ausfedergeschwindigkeiten des Dämpfers.

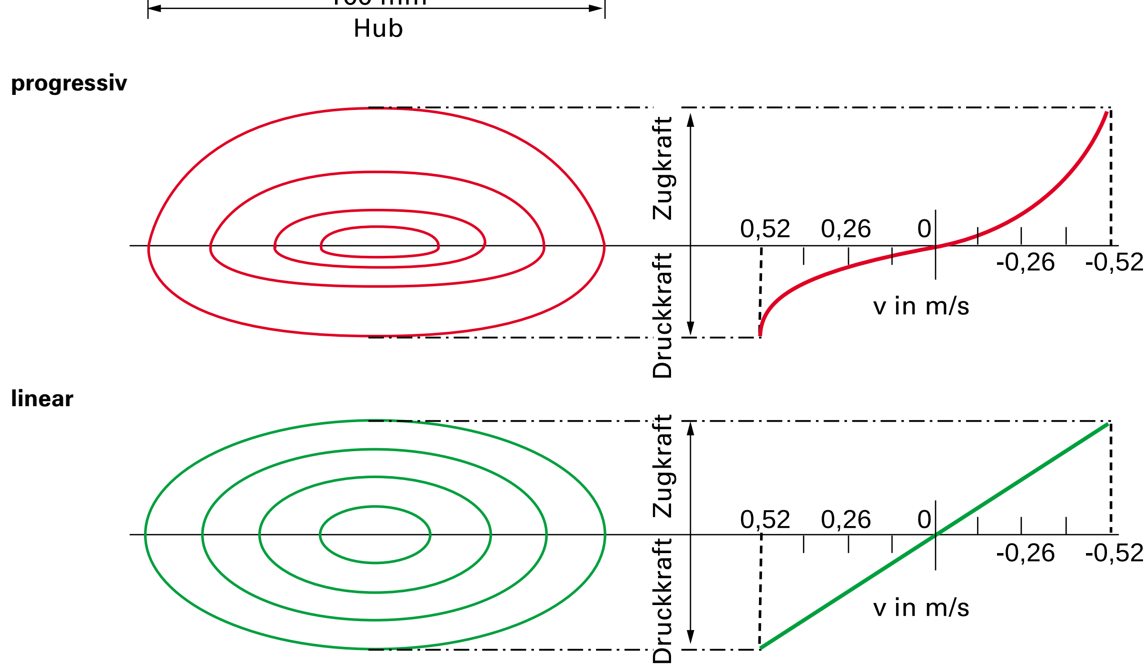
Die so ermittelten Kraft- Hub- Diagramme lassen sich in Kraft- Geschwindigkeits- Diagramme (F-v- Diagramme) umsetzen.

Diese Kennlinien zeigen unmittelbar den Zusammenhang zwischen der Dämpfungskraft und der Kolbengeschwindigkeit und somit die Charakteristik des Stoßdämpfers.

Man unterscheidet lineare, progressive und degressive Kennlinien.

F-v-Diagramm Kennlinienverläufe (Drehzahl konstant für alle Hübe)





242_066

Grundlagen Luftfederung



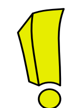
Durch konstruktive Maßnahmen passt man die Kennlinien an die Bedürfnissen der Federungsabstimmung an.

In der Regel kommen Stoßdämpfer mit degressiver Kennlinie zum Einsatz.

Normale Stoßdämpfer haben fest vorgegebene Kennlinien. Sie sind auf normales Aufbaugewicht abgestimmt und decken in einem gut abgestimmten Fahrwerk ein breites Spektrum von Fahrsituationen ab.

Die Fahrwerksabstimmung ist immer ein Kompromiss zwischen Fahrsicherheit (Fahrdynamik) und Fahrkomfort.

Mit zunehmender Beladung verringert sich der Dämpfungsgrad (Dämpfungswirkung der gefederten Massen) was die Fahrdynamik negativ beeinflusst.
Im Gegensatz dazu ist bei leerem Fahrzeug der Dämpfungsgrad größer, was den Komfort negativ beeinflusst.



Hinweis:

Eine Besonderheit zur Dämpferabstimmung finden Sie im SSP 213 Seite 28 „Stoßdämpfer mit last- und wegeabhängiger Dämpfungscharakteristik“.

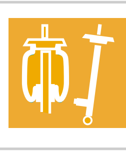
Der PDC-Dämpfer

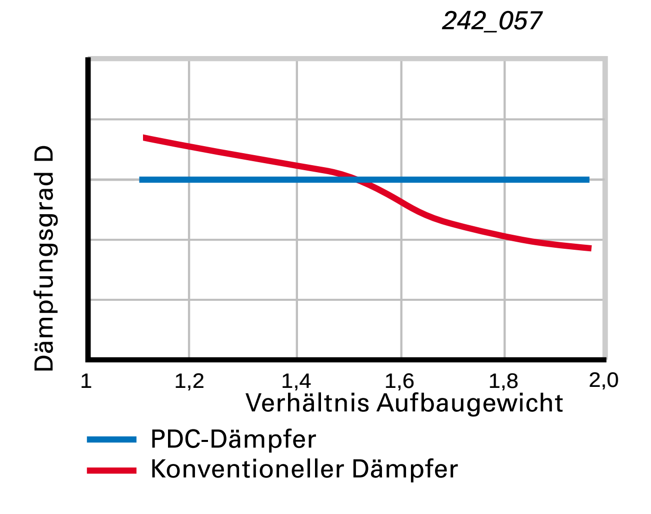
Um den Dämpfungsgrad, und somit das Fahrverhalten, zwischen teil- und voll beladen konstant zu halten, sind beim Luftfedersystem des Audi A6 mit Niveauregelung sowie bei der 4-Level-Luftfederung des Audi allroad quattro an der Hinterachse Dämpfer mit stufenlos lastabhängiger Kennung verbaut.

Zusammen mit der gleichbleibenden Aufbaueigenfrequenz, aufgrund der Luftfedern, ergibt sich ein nahezu, von der Beladung unverändertes Schwingungs-verhalten des Fahrzeugaufbaus.

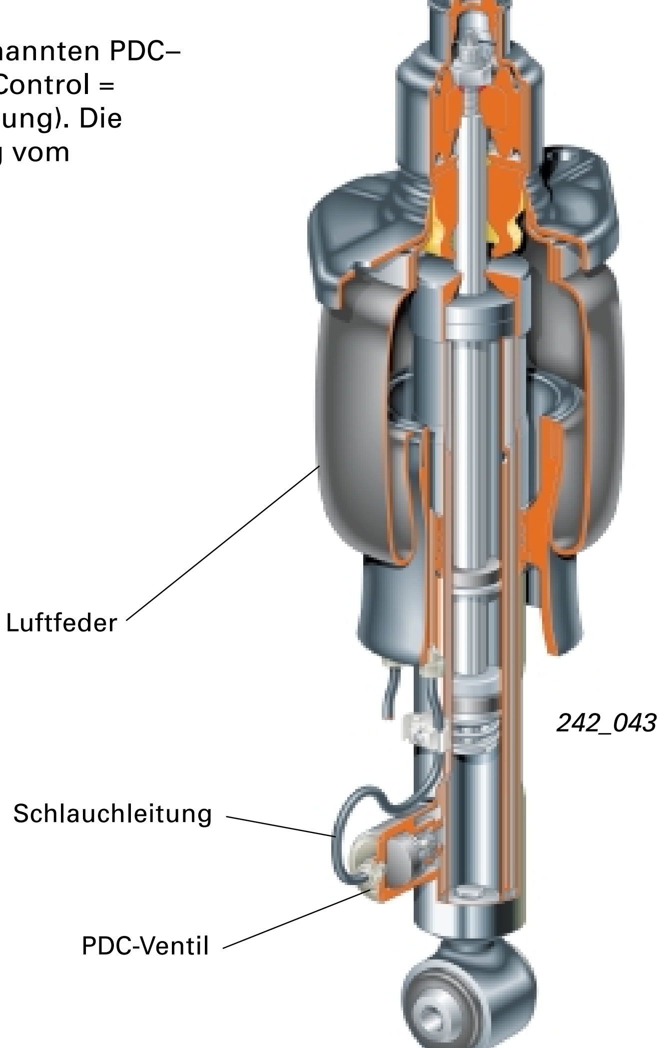
Im teilbeladenen Zustand wird somit ein guter Fahrkomfort erreicht, zusätzlich bleibt bei voller Beladung die Aufbaubewegung ausreichend straff gedämpft.

Es handelt sich um einen sogenannten PDC–Dämpfer (Pneumatic Damping Control = pneumatische Dämpfungsregelung). Die Dämpfungskraft kann abhängig vom Luftfederdruck variiert werden.

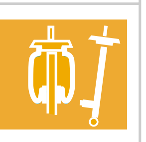




Koaxiale Anordnung für Luftfeder/PDC-Dämpfer



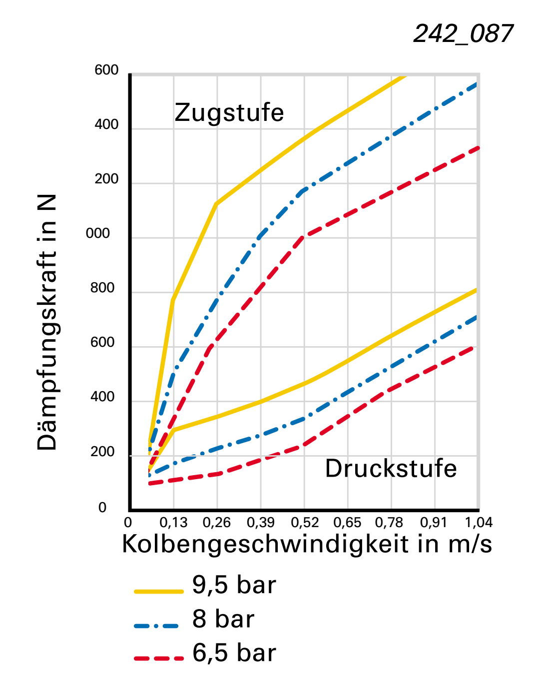
Grundlagen Luftfederung



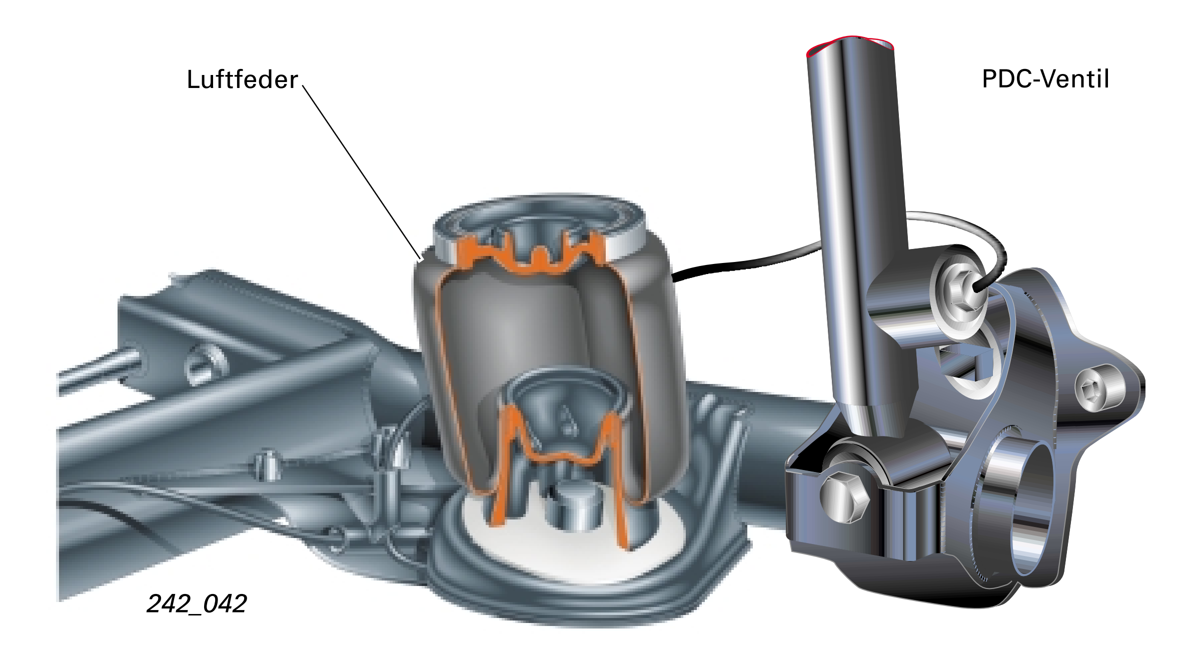
Realisiert wird die Änderung der Dämpferkraft durch ein separates, im Dämpfer integriertes PDC-Ventil. Es ist über eine Schlauchleitung mit der Luftfeder verbunden.

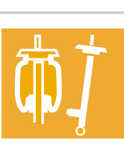
Mit dem Luftfederdruck als beladungsproportionale Steuergröße wird eine variable Drossel im PDC-Ventil angesteuert, die den Strömungswiderstand, und somit die Dämpfungskraft in der Zug und Druckstufe beeinflusst.

Um den unerwünschten Einfluss der dynamischen Druckänderungen in der Luftfeder (Ein- und Ausfedern) entgegenzuwirken, ist der Luftanschluss im PDC-Ventil mit einer Drossel versehen.



Getrennte Anordnung für Luftfeder/PDC-Dämpfer



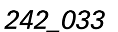


Konstruktion und Funktion

Das PDC-Ventil nimmt Einfluss auf den Strömungswiderstand des kolbenstangenseitigen Arbeitsraums (Arbeitsraum 1).

Der Arbeitsraum 1 ist über Bohrungen mit dem PDC-Ventil verbunden. Das PDC-Ventil hat bei geringem Luftfederdruck (Beladungszustand leer bzw. geringe Teilbeladung) einen geringen Strömungswiderstand, wodurch ein Teil des Dämpfungsöls am jeweiligen Dämpfungsventil vorbei geleitet wird. Die Dämpfungskraft ist somit verringert.

Der Strömungswiderstand des PDC-Ventils steht in einem bestimmten Verhältnis zum Steuerdruck (Luftfederdruck). Die Dämpfungskraft ist vom Strömungswiderstand des jeweiligen Dämpferventils (Druck-/Zugstufe) plus des PDC-Ventils abhängig.



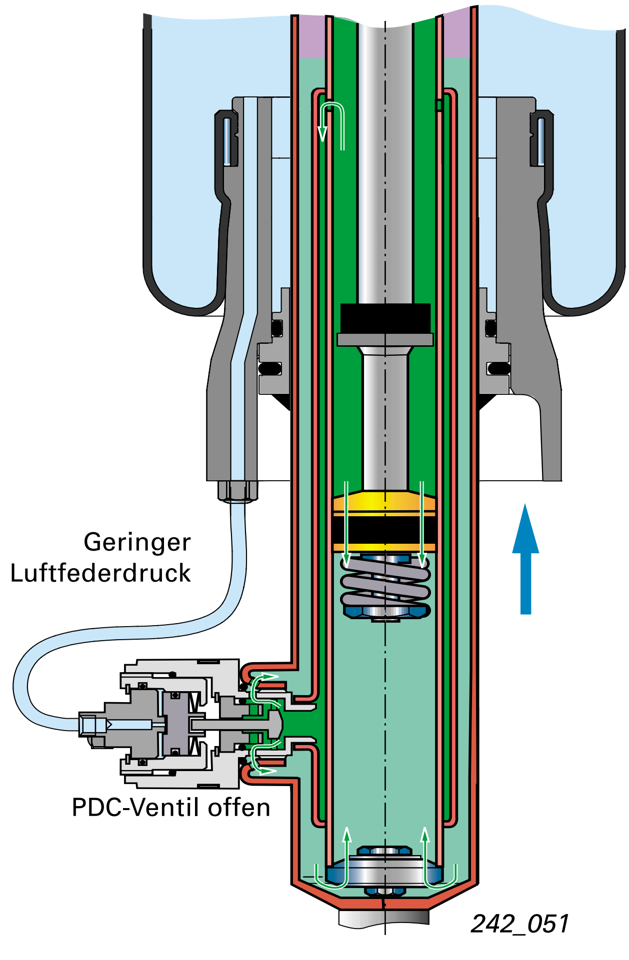
242_033

Grundlagen Luftfederung



Funktion in Zugstufe bei geringem Luftfederdruck

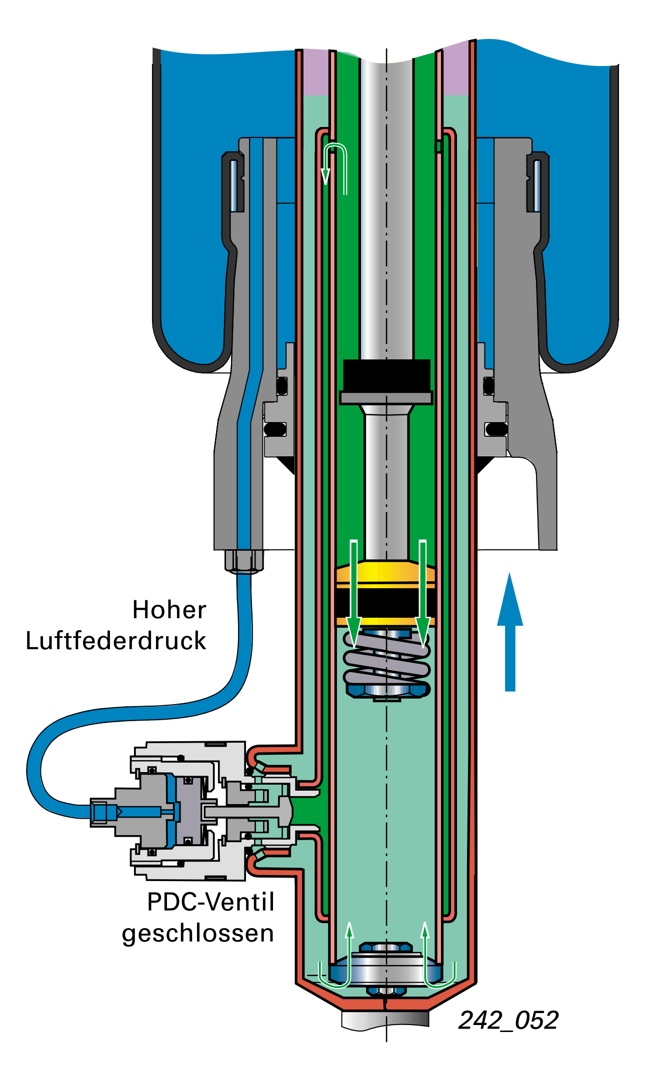
Der Kolben wird nach oben gezogen, ein Teil des Öls strömt durch das Kolbenventil, der andere Teil strömt durch die Bohrungen im Arbeitsraum1 zum PDC-Ventil. Da der Steuerdruck (Luftfederdruck) und somit der Strömungswiderstand des PDC- Ventil gering ist, ist die Dämpferkraft reduziert.



242_051

Funktion in Zugstufe bei hohem Luftfederdruck

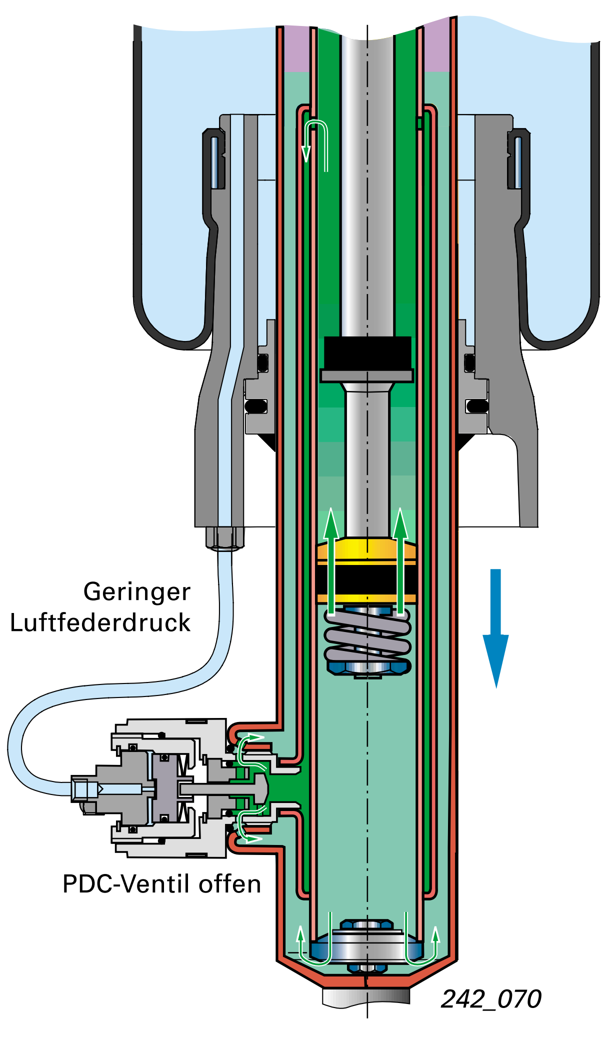
Der Steuerdruck und somit der Strömungswiderstand des PDC-Ventils ist hoch. Der größte Teil (je nach Steuerdruck) muss das Kolbenventil durchströmen, die Dämpferkraft wird dadurch erhöht.



242_052

Funktion in Druckstufe bei geringem Luftfederdruck

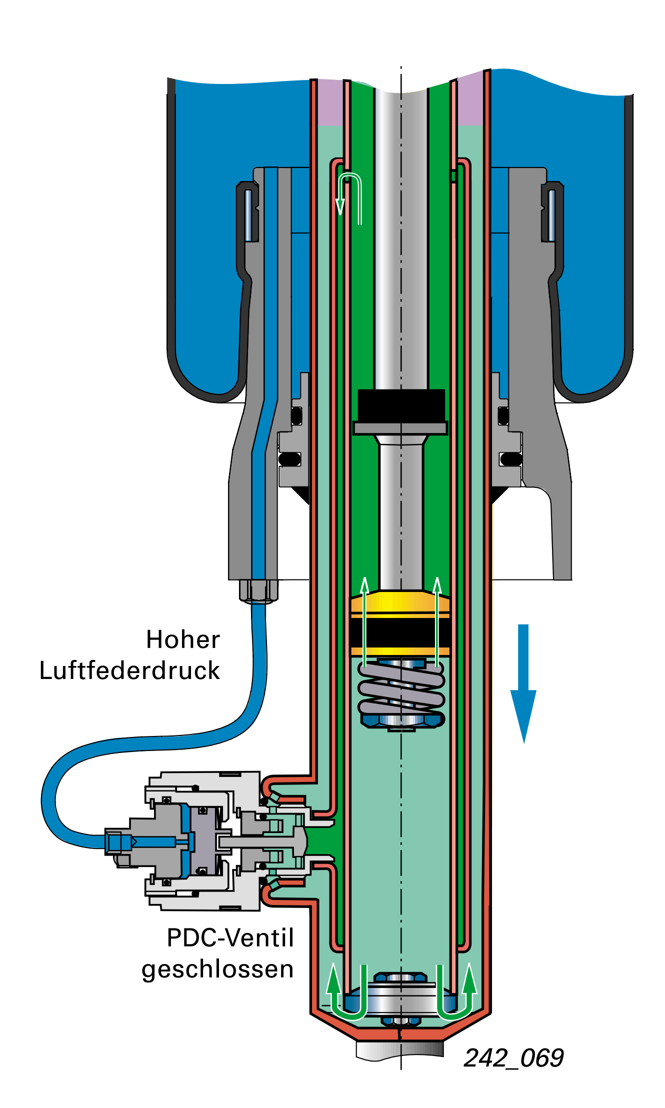
Der Kolben wird nach unten gedrückt, die Dämpfung wird vom Bodenventil und zu einem gewissen Teil auch vom Durchflusswiderstand des Kolbens bestimmt. Das von der Kolbenstange verdrängte Öl strömt zu einem Teil über das Bodenventil in den Vorratsraum. Der andere Teil strömt durch die Bohrungen im Arbeitsraum1 zum PDC-Ventil. Da der Steuerdruck (Luftfederdruck) und somit der Strömungswiderstand des PDC-Ventil gering ist, ist die Dämpferkraft reduziert.



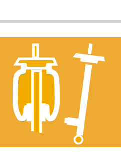
242_070

Funktion in Druckstufe bei hohem Luftfederdruck

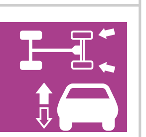
Der Steuerdruck und somit der Strömungswiderstand des PDC-Ventils ist hoch. Der größte Teil (je nach Steuerdruck) muss das Bodenventil durchströmen, die Dämpferkraft wird dadurch erhöht.



242_069



Niveauregelung A6



Das folgende Kapitel behandelt das Luftfedersystem im Audi A6 `98 mit Niveauregelung. Grundsätzliche Kenntnisse über die Luftfederung/Niveauregelung wurden bereits im Kapitel „Grundlagen" behandelt. Da diese Informationen und Kenntnisse die Basis für das folgende Kapitel darstellen, ist es sinnvoll sich vorab mit den Grundlagen auseinander zu setzten.

Systemübersicht

Für den Audi A6 wird als Sonderausstattung ein Niveauregelsystem auf Basis einer Luftfederung angeboten. Das Luftfedersystem ist ausschließlich für die Hinterachse ausgelegt da an der Vorderachse nur kleine Last- und damit geringe Niveauänderungen durch die Beladung auftreten.

Das Luftfedersystem des Audi A6 besteht aus folgenden Hauptkomponenten:

Als Federelemente kommen Luftfedern mit Schlauchrollbalg zum Einsatz.

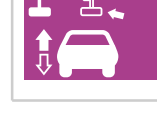
Als Stoßdämpfer kommen PDC-Dämpfer zum Einsatz (siehe Seite 33).

Im Luftversorgungsaggregat sind innerhalb einer Metallbox der Kompressor mit integriertem Lufttrockner, die Regelventile, sowie das Steuergerät zusammengefasst.

Ein Niveausensor erfasst das aktuelle Fahrzeugniveau.

Niveauregelung A6 Frontantrieb

Luftversorgungsaggregat
PDC-Dämpfer
Niveausensor
Luftfeder
242_040



Neben den prinzipiellen Vorteilen einer Niveauregelung (siehe Grundlagen) weist das im A6 realisierte System folgende Vorzüge auf:

- Ein nahezu beladungsunabhängiges Federungs- und Schwingverhalten.
- Geringer Bauraumbedarf durch kompakte Bauweise, speziell im Achsbereich
- Verfügbarkeit der Niveauregelung auch bei stehendem Motor
- Schnelle Auf- und Abregelzeiten
- Geringer Leistungsbedarf
- Umweltfreundlich durch das Medium Luft
- Große Betriebssicherheit durch hohe Standfestigkeit.
- Elektronische Regelung mit umfassender Eigendiagnose
- Wartungsfrei

Luftfeder mit PDC-Dämpfer

Niveauregelung A6 quattro-Antrieb

242_041

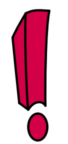
Luftversorgungsaggregat

Die Luftfedern

Der Einbau der Luftfedern ist bei Frontantrieb und Quattroantrieb analog zur Ausführung mit Stahlfedern. Dadurch konnten die Achskonstruktionen von den Standard-fahrwerken weitgehend übernommen werden.

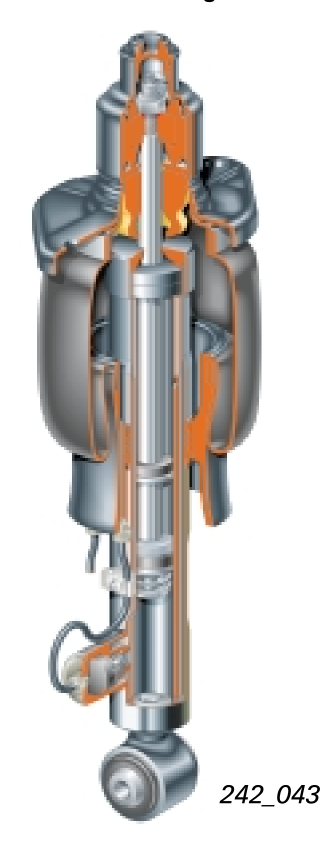
Beim Frontantrieb ist der Abrollkolben konisch ausgeführt um bei der räumlichen Federbewegung genügend Freiraum zwischen Federbalg und Abrollkolben zu erreichen.

Beim Quattroantrieb sind die Luftfedern koaxial mit den Dämpfern als Federbein kombiniert.



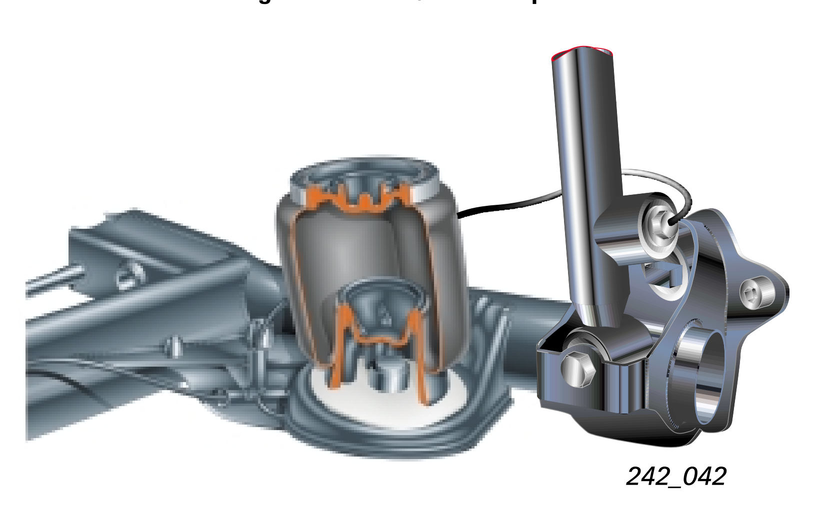
Luftfedern dürfen in drucklosem Zustand nicht bewegt werden, da hierbei der Schlauchrollbalg nicht auf dem Kolben abrollen kann und somit beschädigt wird.
Bei einem Fahrzeug mit druckloser Luftfeder muss vor dem Anheben bzw. Absenken (z. B. mit Hebebühne oder Wagenheber) die entsprechende Luftfeder mit Hilfe des Diagnosetesters befüllt werden (siehe Reparatur-Leitfaden).

quattro-Antrieb
Koaxiale Anordnung für Luftfeder/PDC-Dämpfer



242_043

Frontantrieb
Getrennte Anordnung für Luftfeder/PDC-Dämpfer



242_042

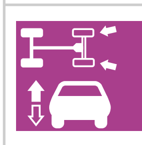
Konstruktion des Luftfederbeins

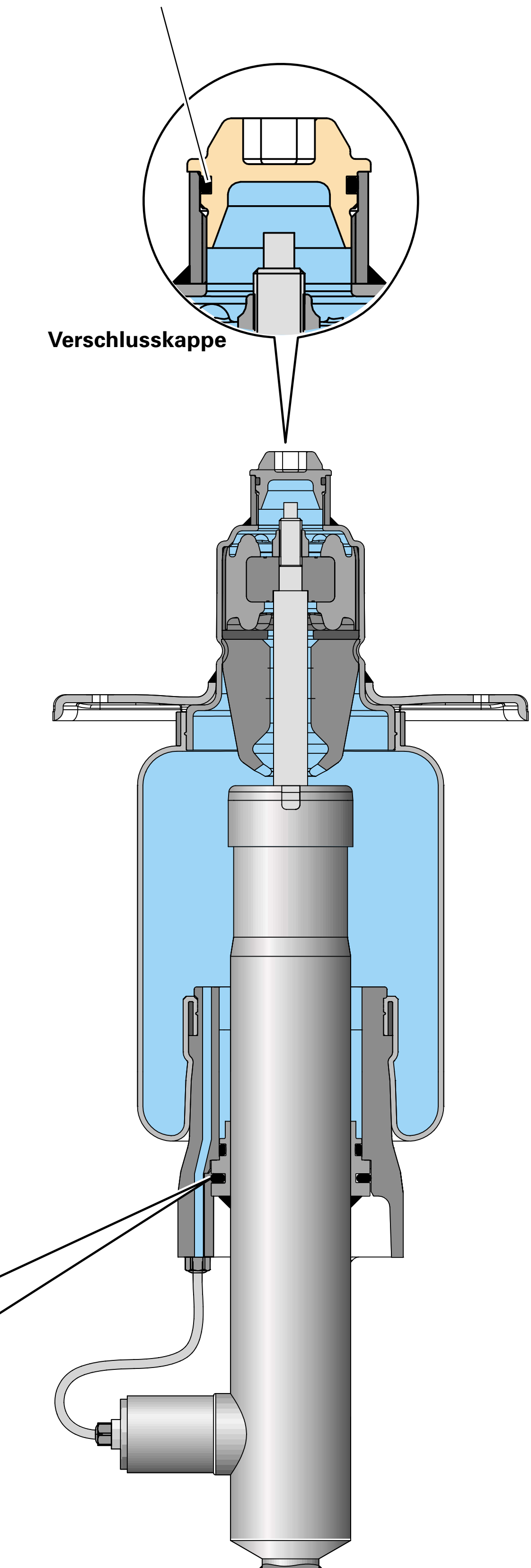
Beim quattro-Federbein ist die Verbindung/ Abdichtung von der Luftfeder (Abrollkolben) zum Dämpfer mittels doppelt gedichteter Bajonett-Verbindung realisiert.

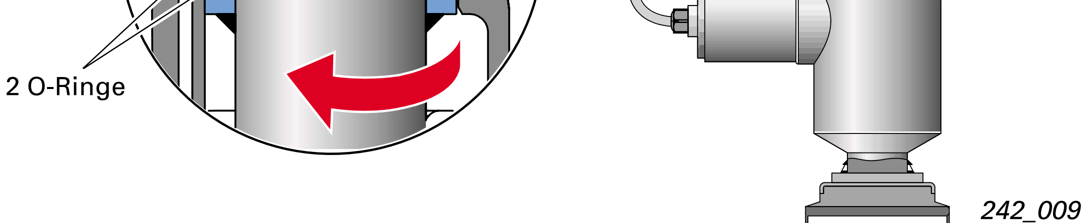
Die Bajonett- Verbindung muss absolut sauber sein und wird vor der Montage mit einem speziellen Schmierstoff gefettet (siehe Reparatur-Leitfaden).

Die Montage erfolgt durch Aufschieben und anschließendes Drehen der Luftfeder.

Achten sie bei Undichtheiten stets auch auf die Dichtheit der O-Ring-Abdichtungen an den hervorgehobenen Stellen. Die Dichtflächen müssen sauber, frei von Korrosion und Lunker (Aluteile) sein und zum Teil gefettet werden (siehe Reparatur-Leitfaden).







Das Luftversorgungs-aggregat

Im Luftversorgungsaggregat sind innerhalb einer Metallbox

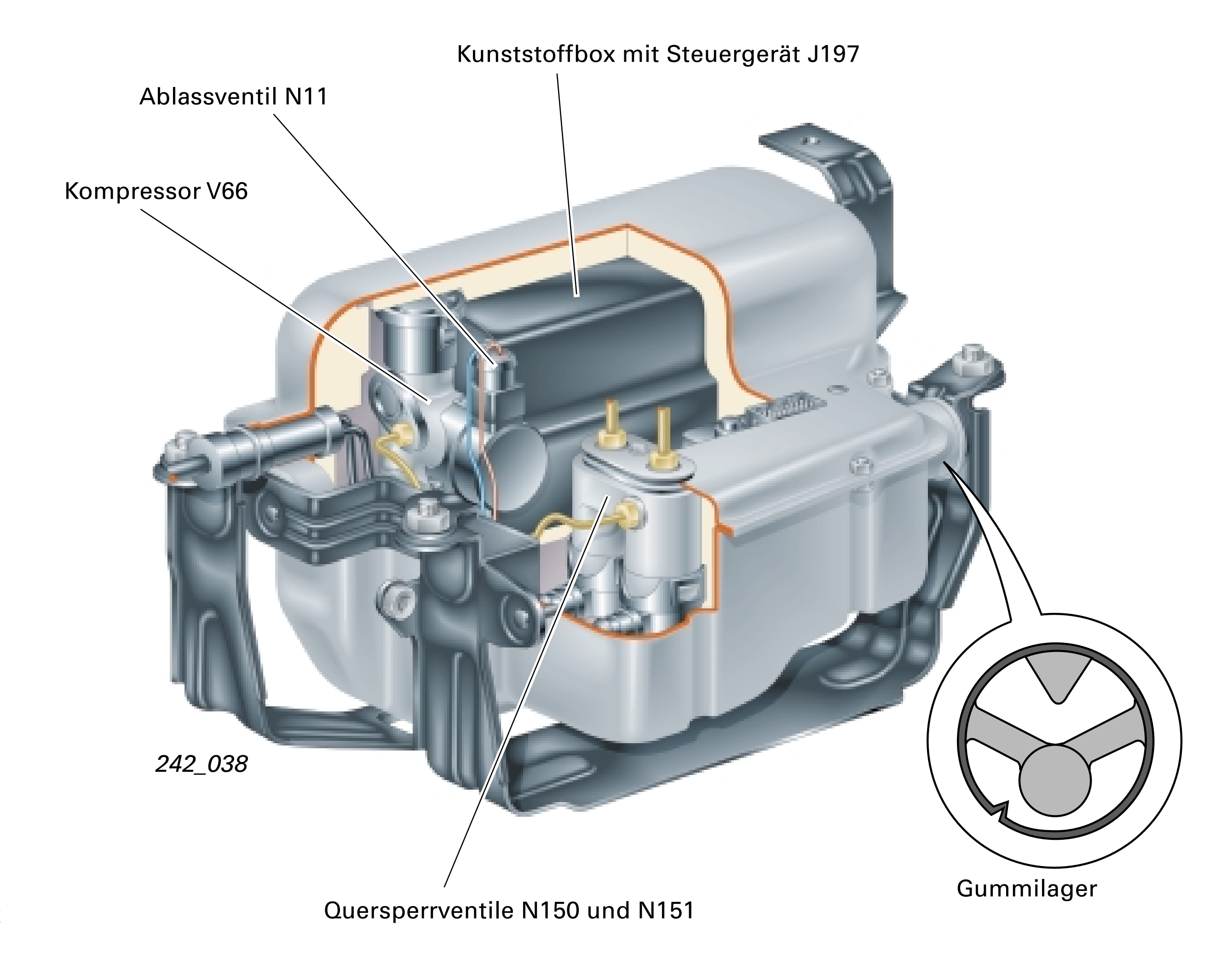
- der Kompressor V66 mit integriertem Lufttrockner und Ablassventil N111,
- die Quersperrventile N150 und N151,
- das Steuergerät J197
- und das Relais für den Kompressor J403

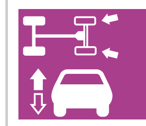
zusammengefasst.

Zur Vibrations- und Akustikdämmung sind die oben genannten Komponenten in einer speziellen Dämmmatte aus Polyurethan-schaum (PUR- Schaum) untergebracht. Die Dämmmatte ist so gestaltet, dass sie die einzelnen Komponenten in der Metallbox fixiert.

Speziell abgestimmte Gummilager verhindern eine spürbare Vibrationsübertragung in die Karosserie.
Achten Sie auf die richtige Einbaulage der Gummilager!

Die beiden Gehäusehälften der Metallbox sind mit einer Dichtung montiert. Diese Abdichtung dient lediglich der Geräuschdämmung. Da der Kompressor die Luft aus der Metallbox ansaugt und ablässt ist eine gewisse Undichtheit konstruktiv vorgesehen.





Der Pneumatikplan

1 Ansaugfilter
2 Kompressor mit Motor V66
3 Rückschlagventil 1
4 Lufttrockner
5 Rückschlagventil 2
6 Rückschlagventil 3
7 Drossel
8 Ablassfilter
9 Pneumatisches Ablassventill
10 Ablassventil N111
11 Ventil für Federbein HL N150
12 Ventil für Federbein HR N151
13 Luftfeder hinten links
14 Luftfeder hinten rechts

vom Relais für
Kompressor J403

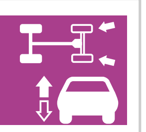
vom Steuergerät J197

8
9
10
7
1
2
3
4
6
5
11
12
13
14

vom Steuergerät J197

242_034

Niveauregelung A6



Der Kompressor

Die Drucklufterzeugung erfolgt mittels eines einstufigen Hubkolbenkompressors mit integriertem Lufttrockner. Um eine Verschmutzung der Rollbälge und der Trocknerpatrone durch Öl zu vermeiden, ist der Kompressor als sogenannter Trockenlauf-Kompressor ausgeführt.

Dauergeschmierte Lager und ein Kolbenring aus PTFE (Polytetrafluoräthylen) sorgen für eine hohe Standzeit.

Im Gehäuse der Trocknerpatrone ist das Ablassventil N111 und das pneumatische Ablassventil integriert.

Um den Kompressor vor Überhitzung zu schützen, wird er bei Übertemperatur abgeschaltet (siehe Kapitel Überhitzungsschutz Seite 61).

Pneumatisches Ablassventil mit Druckbegrenzungsventil
Lufttrockner
Rückschlagventil 1
Ablassventil N111
Rückschlagventil 3
PTFE-Kolbenring
Ansaugfilter
Druckanschluss
Ablassfilter
Rückschlagventil 2

242_013

Ansaugen/Komprimieren

Bei der Aufwärtsbewegung des Kolbens wird über ein Sinterfilter Luft ins Kurbelgehäuse gesaugt. Oberhalb des Kolbens wird die Luft komprimiert und gelangt über das Rückschlagventil 1 in den Lufttrockner.

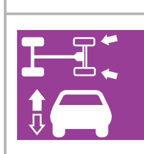
Über das Rückschlagventil 2 gelangt die komprimierte und getrocknete Luft zum Druckanschluss, der zu den Quersperrventilen N150 und N151 führt.

Überströmen

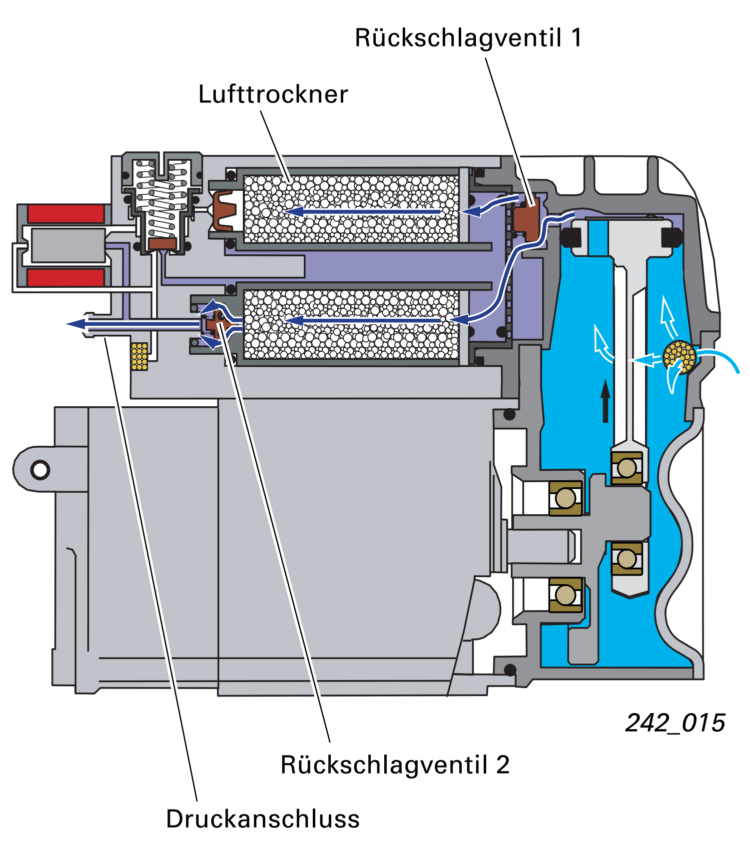
Bei der Abwärtsbewegung des Kolbens strömt die im Kurbelgehäuse angesaugte Luft über das Membranventil in den Zylinder.

Befüllen/Anheben

Zum Befüllen (Anheben) werden vom Steuergerät gleichzeitig das Relais für den Kompressor und die Luftfederventile angesteuert (siehe Ansaugen/Komprimieren).

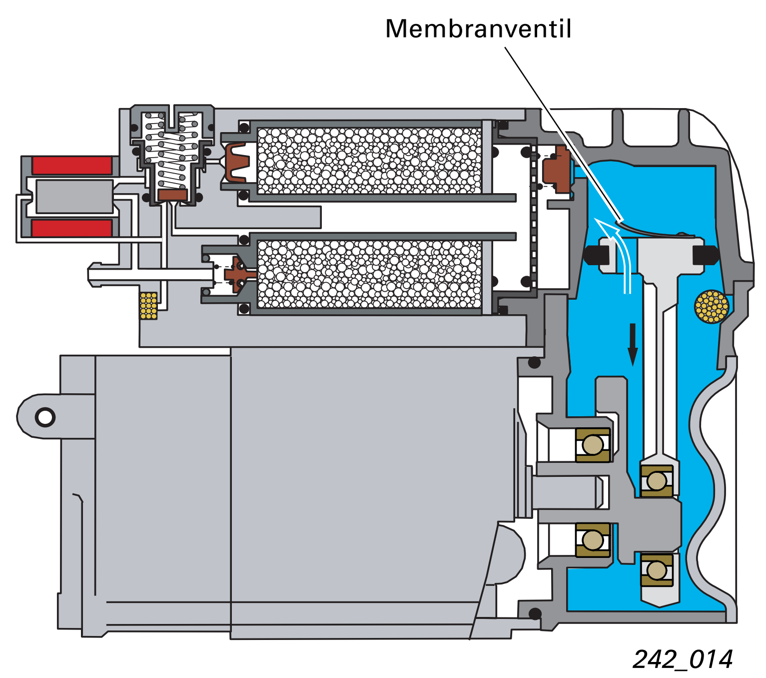


Ansaugen/Komprimieren



242_015

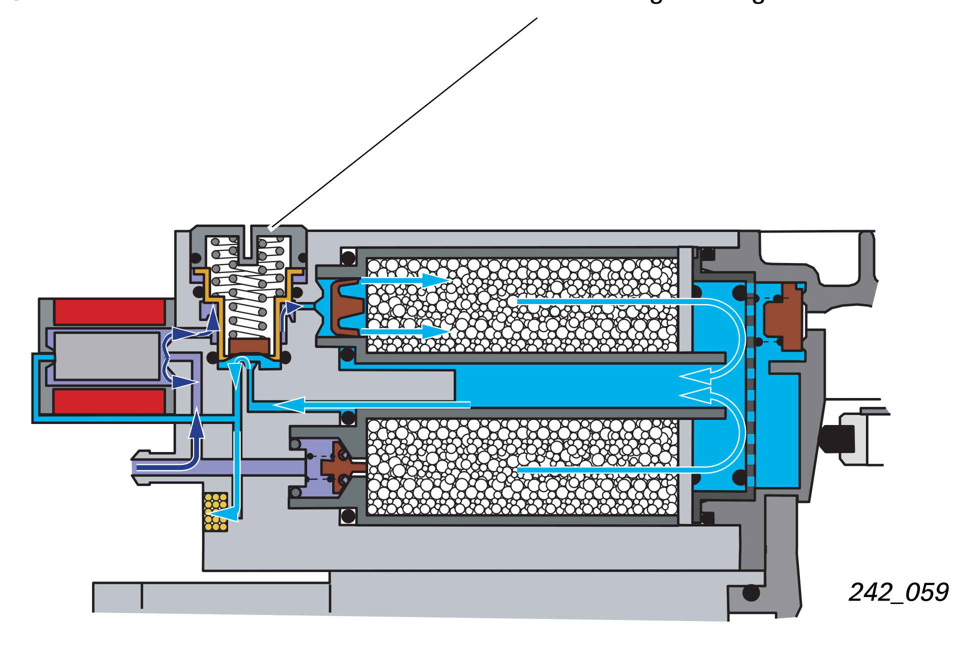
Überströmen



242_014

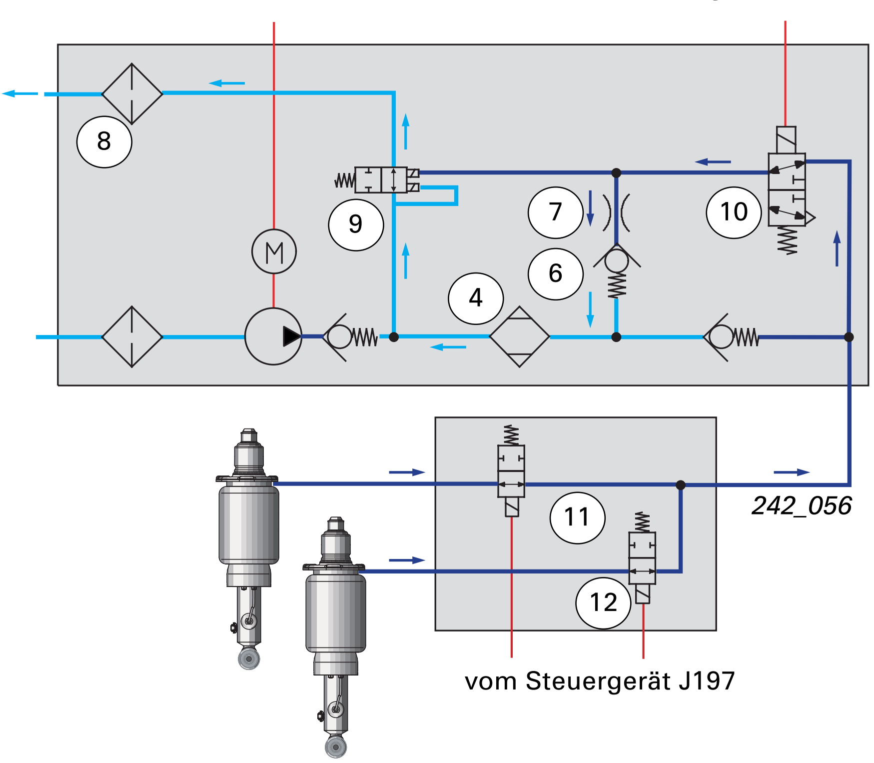
Ablassen/Absenken

Während des Ablassens sind die Luftfederventile N150 und N151 und das Ablassventil N111 angesteuert (geöffnet). Der Luftfederdruck strömt zum pneumatischen Ablassventil und von dort über den Lufttrockner und das Druckbegrenzungsventil ins Freie (siehe Beschreibung Pneumatisches Ablassventil).



Pneumatikplan Ablassen

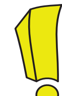
4	Lufttrockner
6	Rückschlagventil 3
7	Drossel
8	Ablassfilter
9	Pneumatisches Ablassventil
10	N111
11	N150
12	N151





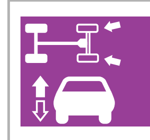
Der Lufttrockner

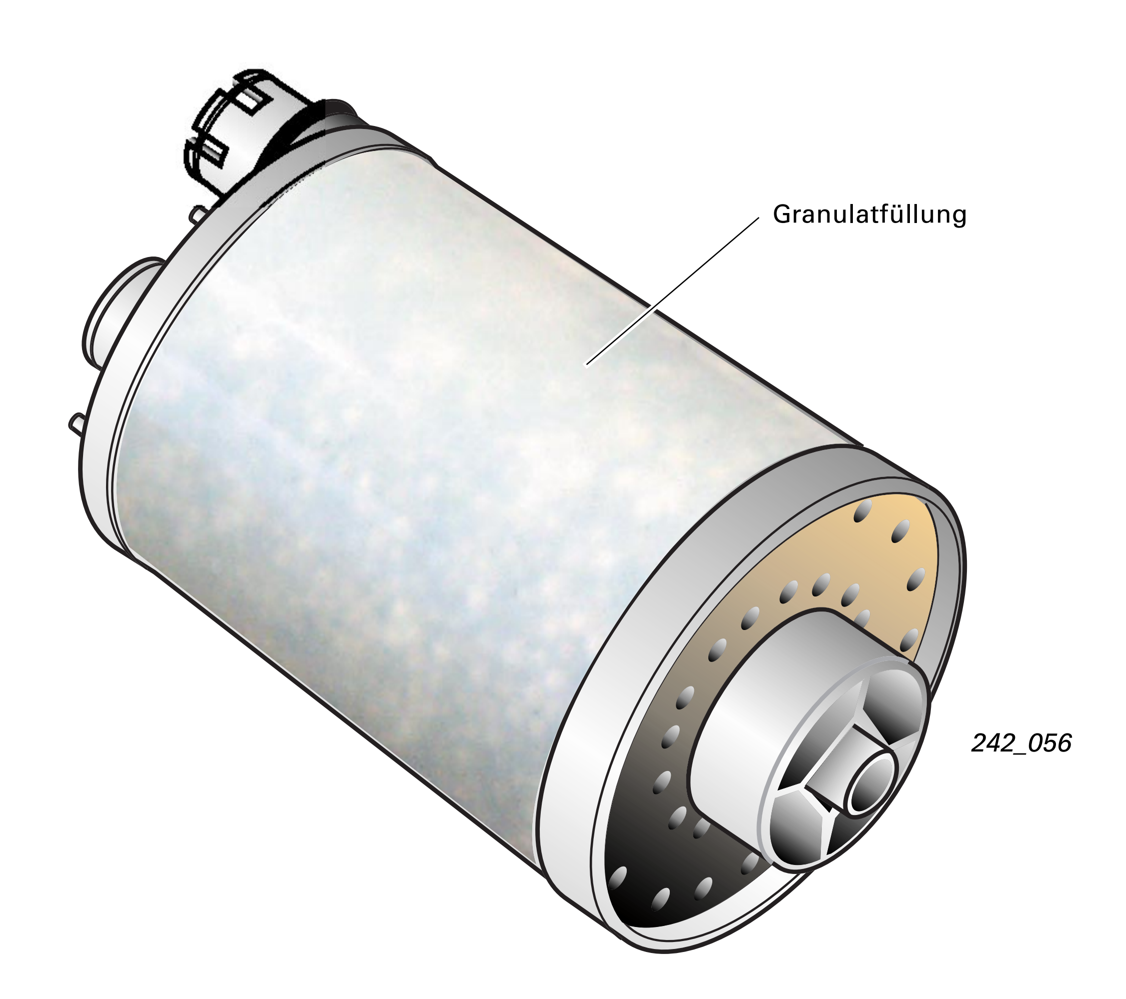
Um Kondenswasser und den damit verbundenen Problemen der Korrosion und des Einfrierens zu verhindern, muss die Luft entsprechend entfeuchtet werden. Bei dem hier verwendeten System handelt es sich um einen sogenannten regenerativ arbeitenden Lufttrockner. Als Trockenmittel wird ein Granulat aus synthetisch hergestelltem Silikat verwendet. Dieses Granulat ist in der Lage, je nach Temperatur, bis zu 20% des Eigengewichts an Wasser zu speichern.
Da der Lufttrockner regenerativ arbeitet und nur mit ölfreier, gefilterter Luft betrieben wird, unterliegt er keinem Wechselintervall und ist somit wartungsfrei.



Da der Lufttrockner nur über die Abfallluft regeneriert wird, darf der Kompressor nicht zum Befüllen anderweitiger Gegenstände verwendet werden. Da diese Druckluft nicht mehr über den Lufttrockner zurückgeleitet wird, kann keine Regeneration erfolgen. Aus diesem Grund befindet sich herstellerseitig kein Druckanschluss zum Befüllen externer Gegenstände am Kompressor.

Wasser/Feuchtigkeit im System weist auf eine Funktionsstörung des Lufttrockners oder des Systems hin.

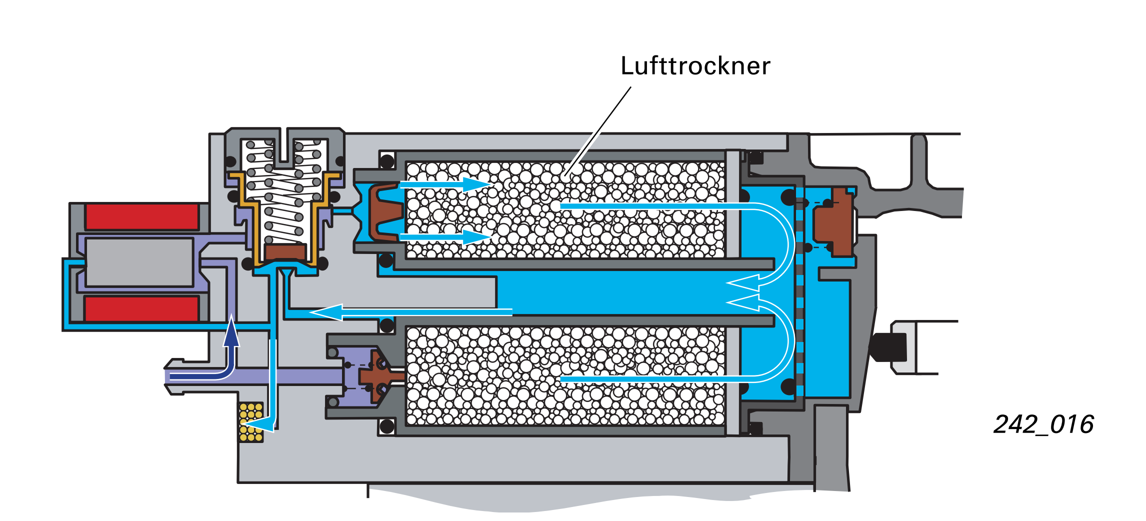




Die Regeneration

Zunächst wird, wie bereits beschrieben die komprimierte Luft über den Lufttrockner geleitet und entfeuchtet. Die Feuchtigkeit wird im Lufttrockner zwischengespeichert und die Druckluft gelangt getrocknet ins System.

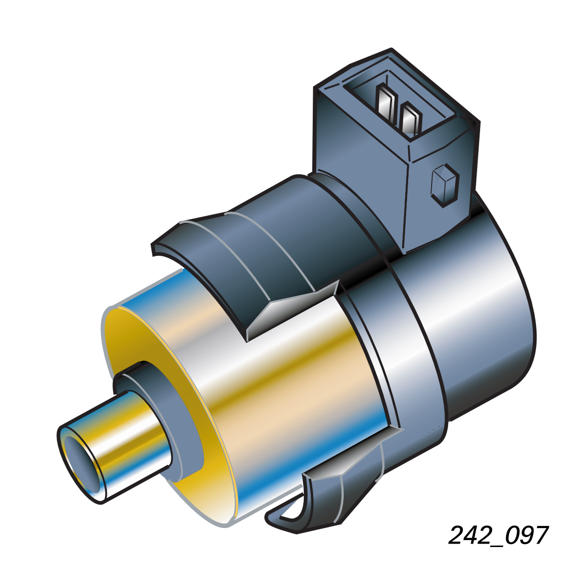
Die Regenerierung des Lufttrockners erfolgt beim Ablassen (Absenken). Beim Ablassen wird die getrocknete Druckluft ("Abfallluft") in den Lufttrockner zurückgeführt, dort nimmt sie die zwischengespeicherte Feuchtigkeit wieder auf, welche anschließend in die Umgebungsluft abgegeben wird.



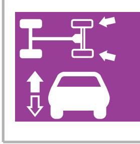
242_016

Ablassventil N111

Das Ablassventil N111 ist ein 3/2 Wegeventil (drei Anschlüsse und zwei Schaltstellungen), es ist stromlos geschlossen. Das N111 wird nur zum Ablassen (Absenken) verwendet. Zum Absenken wird das Ablassventil zusammen mit den beiden Ventilen N150 und 151 vom Steuergerät J197 angesteuert (siehe Beschreibung pneumatisches Ablassventil sowie unter Ablassen).



242_097



Pneumatisches Ablassventil

Das pneumatische Ablassventil erfüllt zwei Aufgaben:

- die Restdruckhalteeinrichtung
- die Druckbegrenzung

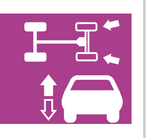
Um eine Beschädigung der Luftfedern (Schlauchrollbalg) zu verhindern, ist ein gewisser Mindestdruck (>3,5 bar) erforderlich. Die **Restdruckhalteeinrichtung** stellt sicher, das beim Druckablassen der Druck im Luftfedersystem nicht unter 3,5 bar fällt (ausgenommen bei Undichtheiten vor dem pneumatischen Ablassventil).

Bei einen Luftfederdruck von >3,5 bar hebt sich der Ventilkörper, entgegen der Federkraft beider Ventilfedern, und öffnet die Ventilsitze 1 und 2. Der Luftfederdruck gelangt nun über die Drossel und dem Rückschlagventil 3 zum Lufttrockner. Nach Passieren des Lufttrockners strömt die Luft über den Ventilsitz des Druckbegrenzungsventils und dem Ablassfilter in Freie.

Der starke Druckabfall nach der Drossel führt zur Abnahme der relativen Luftfeuchte, wodurch die Feuchtigkeitsaufnahme der "Abfallluft"erhöht wird.

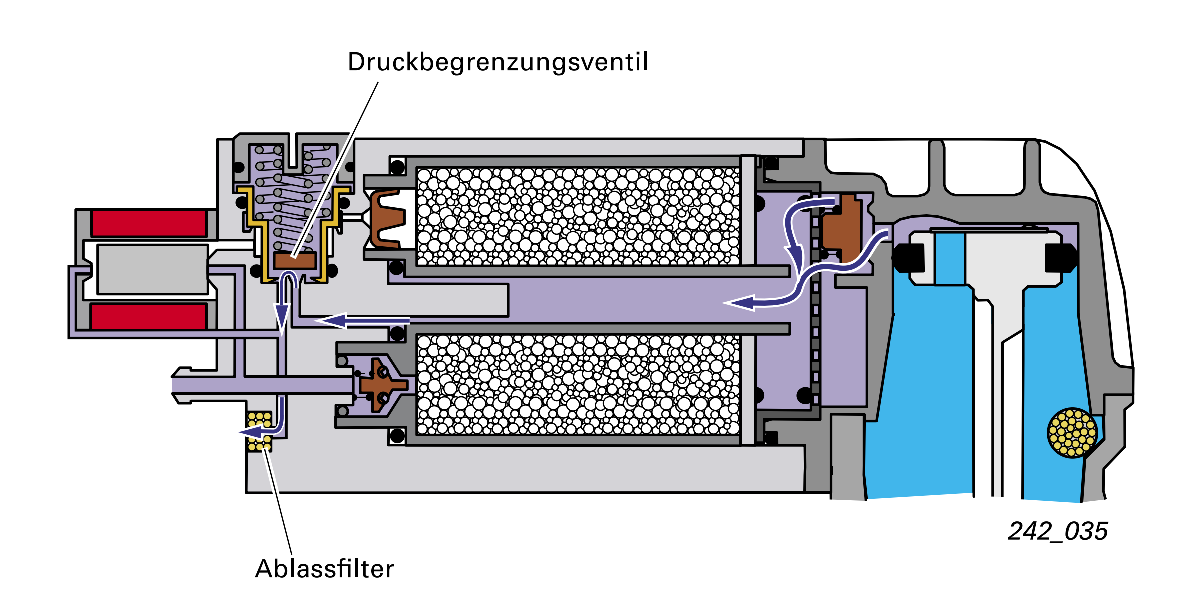
Pneumatisches Ablassventil (Deckel)
Druckbegrenzungsventil
Drossel
Ventilkörper
Rückschlagventil 3
Ablassventil N111
Lufttrockner
Ventilsitz 1
Ventilsitz 2
Entlüftungsleitung
Ablassfilter

242_037



Die **Druckbegrenzungsfunktion** schützt das System vor unzulässig hohem Druck, z.B. wenn der Kompressor auf Grund eines defekten Relaiskontakt oder defekten Steuergerätes nicht abschaltet.

Ist dies der Fall, so öffnet ab ca. 13,5 bar das Druckbegrenzungsventil entgegen der Federkraft und der Druck entweicht über das Ablassfilter.



242_035

Pneumatikplan Druckbegrenzungsfunktion

1 Ansaugfilter
2 Kompressor
8 Ablassfilter
9 Pneumatisches Ablassventil

vom Relais J403

vom Steuergerät J197

M

vom Steuergerät J197

242_017

Ventil für Federbein hinten links N150 und hinten rechts N151

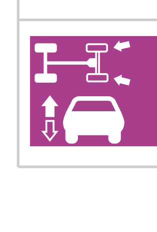
Die Ventile N150 und N151 werden auch als Quersperrventile bezeichnet und sind in einem Gehäuse zusammengefasst.

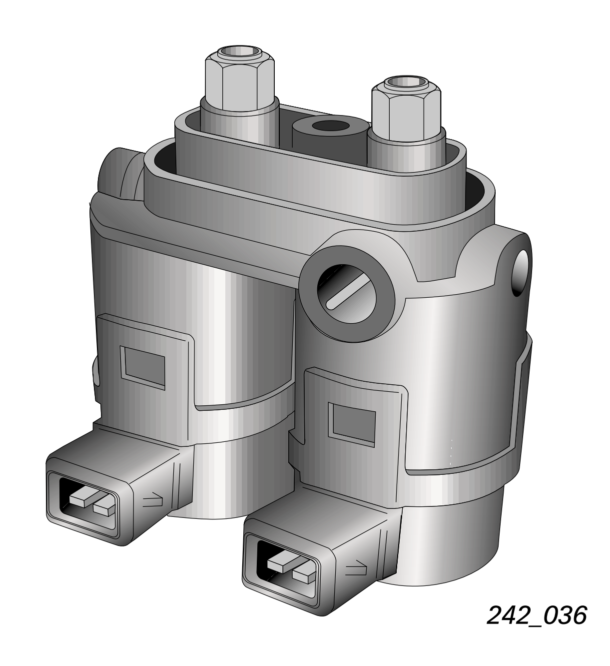
Bei den beiden Quersperrventile handelt es sind um sogenannte 2/2 Wegeventile (zwei Anschlüsse und zwei Schaltstellungen). Die Quersperrventile dienen zum Befüllen und Ablassen der Luftfedern. Stromlos sind die Ventile geschlossen und verhindern einen unerwünschten Druckausgleich zwischen der linken und rechten Luftfeder. Dadurch wird verhindert, dass bei Kurvenfahrt der Luftfederdruck vom kurvenäußeren Rad (höherer Luftfederdruck) zum kurveninneren Rad (geringerer Luftfederdruck) entweicht. Die Folge wäre ein zeitweiliger Schiefstand.

Die Quersperrventile werden beim Anheben bzw. Absenken immer gemeinsam angesteuert da nur achsweise geregelt werden kann (siehe Niveausensor).

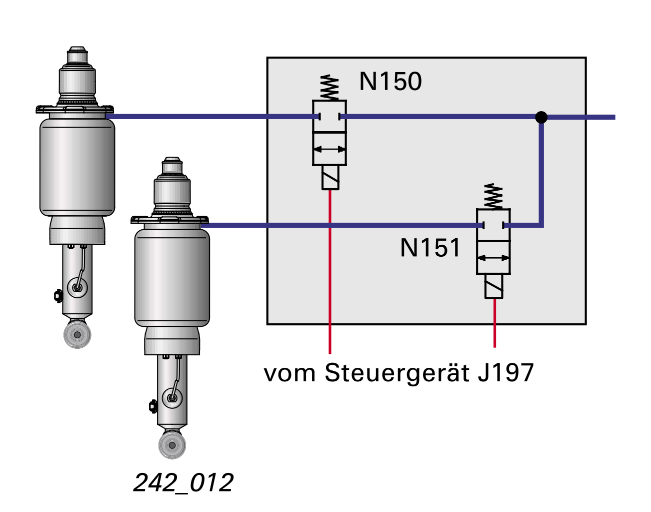
Nach einer Regelung im Fahrbetrieb (v >10km/h) werden die Quersperrventile im Abstand von ca. 12 Sekunden dreimal für ca. 3 Sekunden geöffnet, um einen Druckausgleich zwischen der linken und rechten Luftfeder herzustellen.

Würde beispielsweise ein Regelvorgang während einer Kurvenfahrt stattfinden, so hätte dies einen Schiefstand an der Hinterachse zur Folge. Durch das vorher beschriebene Öffnen der Quersperrventile wird der Schiefstand ausgeglichen (nicht bei einseitiger Beladung).

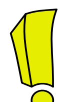




242_036



242_012



Die Niveauregelung im Audi A6 ist nicht in der Lage, einseitige Beladung (Niveaudifferenz von links nach rechts) auszuregeln. Um unterschiedliche Drücke in den Luftfedern zu verhindern, werden die Quersperrventile nach einer Regelung wie beschrieben geöffnet.

Niveauregelung A6

Geber für Niveauregelung G84

Das Fahrzeugniveau wird vom Geber für Niveauregelung G84 (Niveausensor) erfasst.

Verwendet wird ein berührungslos arbeitender Drehwinkelsensor, der mit Hilfe einer Koppelstangen-Kinematik die Einfederung der Hinterachse zur Karosserie ermittelt.

Die Anbindung der Koppelstangen-Kinematik (siehe Bild 242_044 und 242_045) ist so gestaltet, dass einseitiges Einfedern weitgehend ausgeglichen ist.
Durch diese Anbindung konnte die Niveauregelung mit nur einem Niveausensor realisiert werden.

Die Niveauregelung im Audi A6 ist nicht in der Lage unterschiedliches Niveau zwischen links und rechts auszuregeln (z. B. wegen einseitiger Beladung).

Pinbelegung am Niveausensor G84

Pin	
1	Masse (von J197)
2	frei
3	frei
4	Signalausgang analog, Spannungssignal
5	5 Volt-Spannungsversorgung (von J197)
6	frei

J197 Steuergerät für Niveauregelung

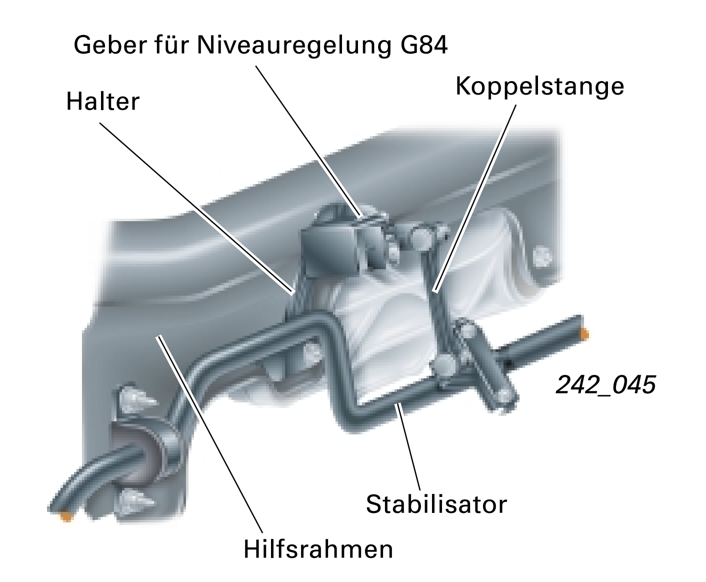
Der verwendete Drehwinkelsensor arbeitet mit dem Hall-Prinzip. Eine im Sensor integrierte Auswerte-elektronik wandelt das Signal des Hall-IC's in ein winkelproportio-nales Spannungssignal um (siehe Diagramm).

Anbindung bei Fontantrieb mit Verbundlenkerachse

Geber für Niveauregelung G84
Halter (an Karosserie befestigt)
Koppelstange
Achsquerprofil

242_044

Anbindung bei quattro-Antrieb mit Doppelquerlenkerachse



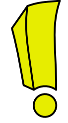
242_045

Funktion

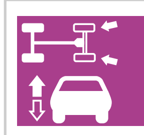
Ein Ringmagnet ist mit der Achse der Sensorkurbel verbunden (Rotor).

Zwischen einem zweiteiligen Eisenkern (Stator) befindet sich exzentrisch positioniert ein Hall-IC. Zusammen mit der Auswerte-elektronik bildet er eine Einheit.

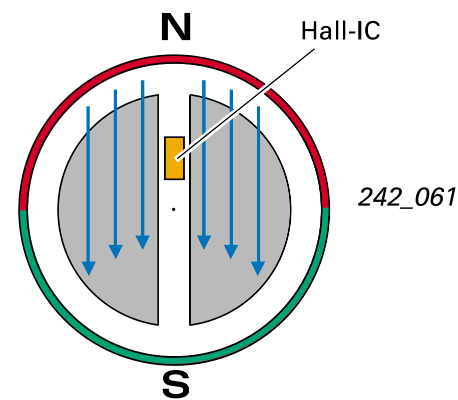
Je nach Stellung des Ringmagneten ändert sich das Magnetfeld, welches den Hall-IC durchdringt.
Das daraus resultierende Hall-Signal wird von der Auswerteelektronik in ein winkelproportionales Spannungssignal umgewandelt.
Dieses analoge Spannungssignal dient dem Steuergerät J197 zur Ermittlung des aktuellen Fahrzeugniveaus.



Der hier beschriebene Drehwinkelsensor findet auch bei der automatischen Leuchtweitenregulierung Anwendung.
Bei Fahrzeugen mit automatischer Leuchtweitenregulierung sind insgesamt 3 Sensoren verbaut.







242_061

Auslenkung 35° links

N

Stator
(geteilter Eisenkern)

S

242_060

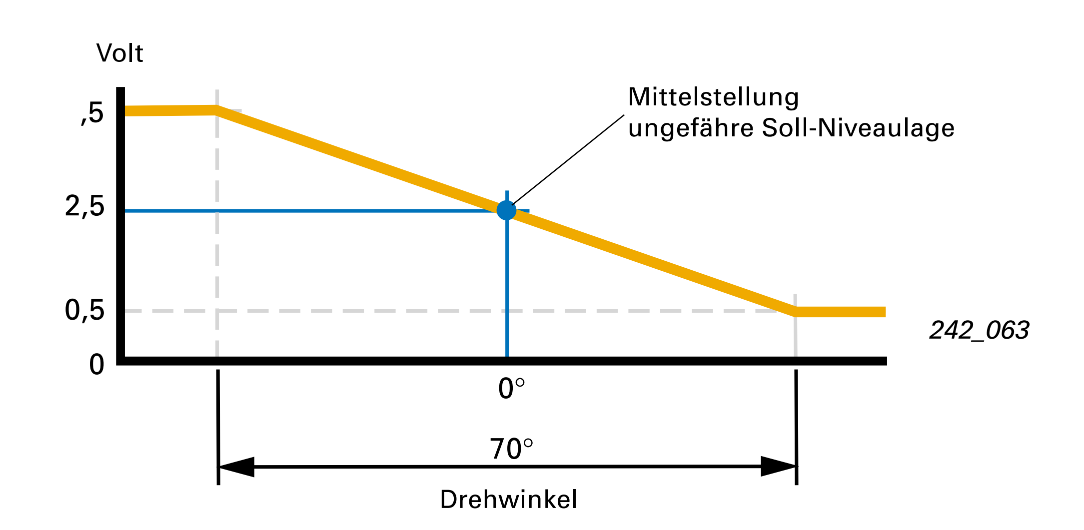
Auslenkung 35° rechts

Rotor
(Ringmagnet)

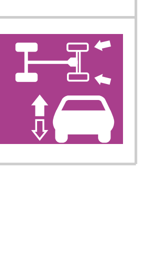
N

S

242_062



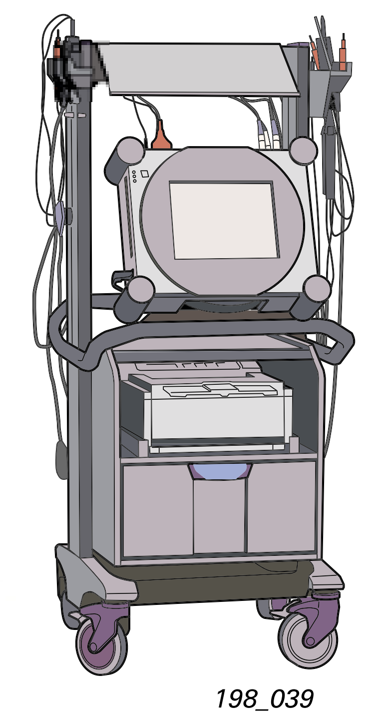
242_063



Eigendiagnose G84

Bei Ausfall des G84 ist keine Niveauregelung möglich. Das System geht in das entsprechende Notlaufprogramm.
Die Justage des G84 erfolgt durch Lernen des Soll-Niveaus mit Hilfe des Diagnosetesters und den Abstandslehren T40002 (siehe Reparaturleitfaden).

VAS 5051



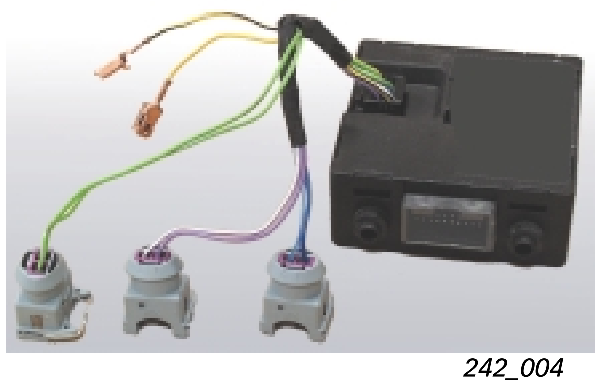
T40002

242_055

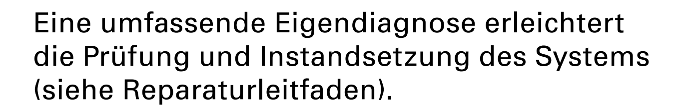
198_039

Steuergerät für Niveau-regelung J197

Zentrales Element des Systems ist das Steuergerät, das neben den Regelfunktionen, die Überwachung und Diagnose des gesamten Systems ermöglicht.
Das Steuergerät erfasst das Signal des Niveaugebers und ermittelt daraus das aktuelle Fahrzeugniveau. Dieses wird mit dem Soll-Niveau verglichen und in Abhängigkeit weiterer Eingangsgrößen (Schnittstellen) sowie den internen Regelparametern (Filterzeiten und Niveauabweichungen) gegebenenfalls korrigiert.
Es werden verschiedene Regelsituationen unterschieden und durch entsprechende Regelkonzepte realisiert (siehe Regelkonzept).



242_004



Eine umfassende Eigendiagnose erleichtert die Prüfung und Instandsetzung des Systems (siehe Reparaturleitfaden).

Adresswort 34

Kontrollleuchte für Niveauregelung K134

Die Kontrollleuchte ...

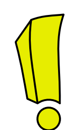
... leuchtet dauerhaft bei entsprechenden Systemfehlern oder abgeschaltetem System.

... blinkt bei extremem Tief- oder Hochniveau <–55 mm/>+30 mm.

... blinkt während der Stellglieddiagnose.

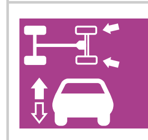
... blinkt, wenn die Regelung abgeschaltet ist. (nur mit Diagnosetester möglich)

Nach dem Einschalten der Zündung leuchtet die K134 zur Funktionskontrolle auf und erlischt nach Ablauf des steuergeräteinternen Prüfablaufs (wenn kein Fehler vorliegt).



Solange die Kontrollleuchte blinkt, sollte nicht losgefahren werden, da tiefliegende Fahrzeugteile auf Grund einer zu geringen Bodenfreiheit beschädigt werden können.

Bei dauerhaftem Leuchten der Kontrolleuchte ist auf Grund eines Fehlers das System abgeschaltet. Der Fahrer wird aufgefordert, den nächsten Service-Partner aufzusuchen.





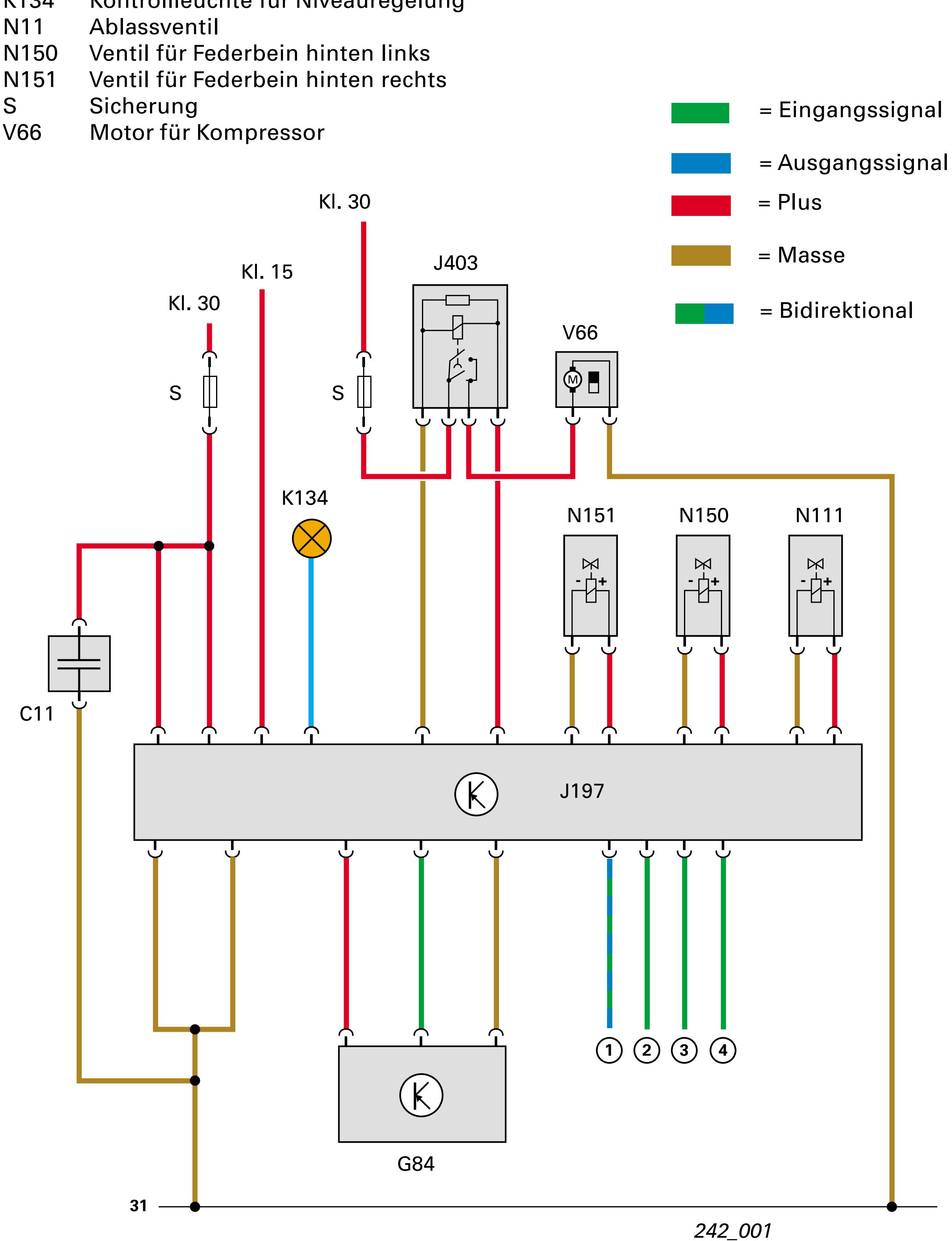
242_050

Niveauregelung A6

Funktionsplan

C11	Kondensator
G84	Geber für Niveauregelung
J197	Steuergerät für Niveauregelung
J403	Relais für Kompressor Niveauregelung
K134	Kontrollleuchte für Niveauregelung
N11	Ablassventil
N150	Ventil für Federbein hinten links
N151	Ventil für Federbein hinten rechts
S	Sicherung
V66	Motor für Kompressor

1	Diagnoseschnittstelle
2	Signal für Fahrgeschwindigkeit
3	Signal für Türkontakt
4	Signal für Klemme 50



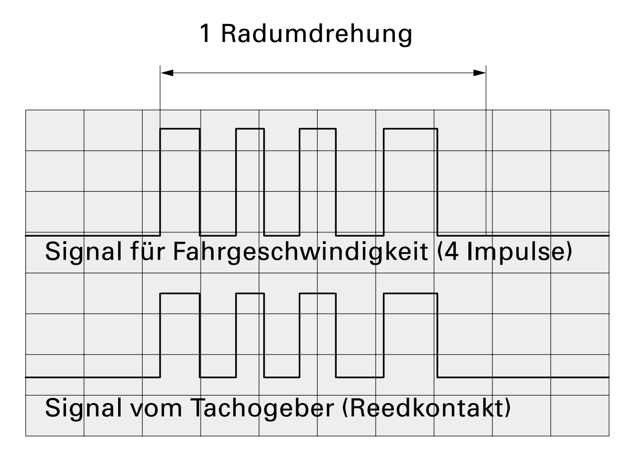
242_001

Die Schnittstellen

Das Signal für Fahrgeschwindigkeit ...

... ist ein vom Schalttafeleinsatz aufbereitetes Rechtecksignal, dessen Frequenz sich analog zur Geschwindigkeit ändert.

... wird für die Auswertung des Fahrzustandes (Stand-Fahrmodus) und somit für die Auswahl der Regelkriterien benötigt (siehe unter „Regelkonzept”).



198_069

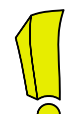
Das Signal Kl.15 ...

... dient zur Auswertung der Systemzustände, Nachlauf-, Stand-, Fahr- und Sleepmodus.

Das Signal für Türkontakt ...

... ist ein vom Steuergerät für Zentralverriegelung kommendes Massesignal. Es signalisiert das Öffnen einer Fahrzeugtüre oder der Heckklappe.

... dient als „Weckimpuls” für den Übergang vom Sleepmodus in den Nachlaufmodus (siehe unter „Regelkonzept“).



Man spricht immer vom Nachlaufmodus, auch wenn sich das System zeitlich gesehen im „Vorlauf“ befindet (nach einem Weckimpuls vor Antritt der Fahrt).

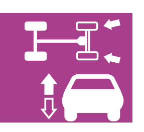
Das Signal Kl. 50 ...

... signalisiert die Ansteuerung des Anlassers und dient zur Abschaltung des Kompressors während des Startvorgangs.

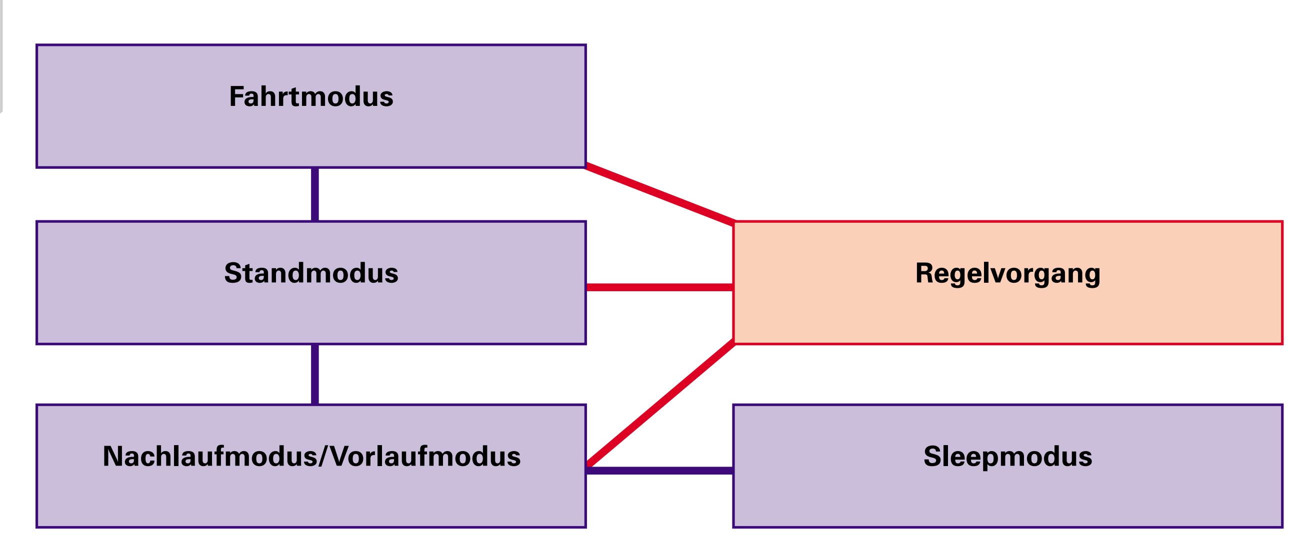
Wird nach einem Weckimpuls ein Tiefstand erkannt, wird der Kompressor sofort angesteuert, um das Losfahren möglichst schnell zu ermöglichen.

Zur Schonung der Batterie und Sicherstellung der Startleistung wird während des Startvorgangs der Kompressor abgeschaltet.

Niveauregelung A6



Das Regelkonzept



Fahrmodus

Bei einer Fahrgeschwindigkeit >10 km/h wird der Fahrmodus erkannt.

Im Fahrmodus werden Niveauänderungen durch den Kraftstoffverbrauch oder auf Grund von temperaturbedingten Volumenänderungen (wechselnde Umgebungstemperaturen) in den Luftfedern verursacht und ausgeregelt.

Damit Beschleunigungs- oder Bremsvorgänge keinen Einfluss auf die Regelung ausüben, sind im Fahrmodus lange Reaktionszeiten eingestellt.

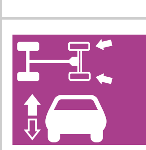
Die Reaktionszeiten betragen abhängig von den Regelgrenzen 50 Sekunden und 15 Minuten.

Standmodus

Bei einer Fahrgeschwindigkeit <5 km/h wird der Standmodus erkannt.

Im Standmodus werden Niveauabweichungen z. B. durch Ein- oder Aussteigen von Passagieren oder durch Be- bzw. Entladen des Kofferraums innerhalb kurzer Reaktionszeiten ausgeregelt, um das Soll-Niveau möglichst noch vor der Fahrt bereitzustellen.

Die Reaktionszeit beträgt, je nach Niveauabweichung, 1 oder 5 Sekunden. Bei großer Niveauabweichung (extremer Tiefstand) 1 Sekunde, bei geringer Niveauabweichung (normale Abweichung) 5 Sekunden.



Nachlaufmodus/Vorlaufmodus

Nach „Zündung AUS" befindet sich das Steuergerät im sogenannten Nachlaufmodus/ Vorlaufmodus. Dabei bleibt das Steuergerät für maximal 15 Minuten aktiv (über Kl.30), bis es in den Sleepmodus übergeht.

Der Nachlaufmodus bzw. Vorlaufmodus dient dazu, Niveauabweichungen nach dem Abstellen des Fahrzeuges oder vor Fahrtantritt auszuregeln.

Der Grenzwert in Richtung Ausfedern ist im Nachlaufmodus/Vorlaufmodus um 25 mm angehoben um bei erneutem Einsteigen des Fahrers, bzw. der Passagiere ein Absinken unter dem Soll- Niveau zu verhindern oder ein erforderliches Aufregeln zumindest zeitlich zu verkürzen.

Es gelten die gleichen Reaktionszeiten, die bereits unter Standmodus beschriebenen sind.

Sleepmodus

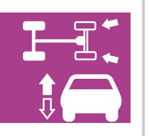
Um den Stromverbrauch zu minimieren, schaltet sich das Steuergerät nach 15 Minuten „Systemruhe" in den Sleepmodus (Schlafmodus).

Im Sleepmodus werden keinerlei Niveauänderungen ausgeregelt. Ein „Aufwecken" erfolgt primär durch das Signal für Türkontakt.
Bei Ausfall des Türkontaktsignals wird das System über Zündung „EIN" oder durch das Signal für Fahrgeschwindigkeit aufgeweckt.

Der Wechsel zwischen Sleepmodus und Vorlaufmodus, ausgelöst über das Türkontaktsignal, kann maximal 5 mal erfolgen. Danach wird das System nur noch über Kl. 15 bzw. das Signal für Fahrgeschwindigkeit „aufgeweckt".

Weitere Besonderheiten des Regelkonzepts

Hebebühnemodus



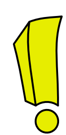
Systemverhalten:
Wird das Fahrzeug mittels Hebebühne angehoben, reagiert das System auf Grund der Niveauerhöhung mit dem Ablassen des Luftfederdrucks.

Normalerweise erfolgt mit dem Ablassen auch ein Absenken des Fahrzeugaufbaus. Bei erreichen des Soll-Niveaus wird das Ablassen beendet.
Da das Soll-Niveau bei einem, mittels Hebebühne angehoben Fahrzeug, nicht erreicht wird, würde der Luftfederdruck bis auf den Resthaltedruck abgelassen. Um das zu verhindern, ist im Steuergerät der Hebebühnemodus vorgesehen.

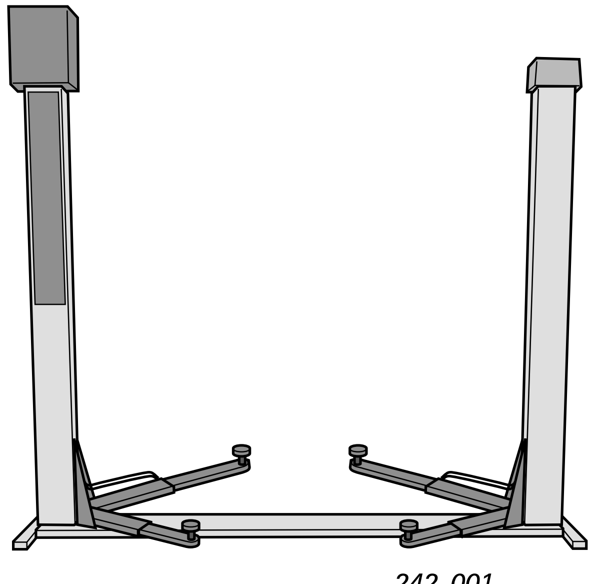
Durch Auswerten des Niveausignals während des Ablassens wird ein Hebebühnestand erkannt (kein Absenken trotz Ablassen), worauf das System in den Hebebühnemodus schaltet.

Mit Erkennen des Hebebühnemodus wird das Ablassen gestoppt und die Regelungen unterdrückt.

Der Hebebühnenmodus wird durch Auswerten entsprechender Eingangssignale wieder verlassen.



Ein Eintauchen der Hinterachse nach dem Absetzen des Fahrzeugs von der Hebebühne ist normal, da bis zur Erkennung des Hebebühnenmodus eine gewisse Zeit Druck abgelassen wurde.



242_001

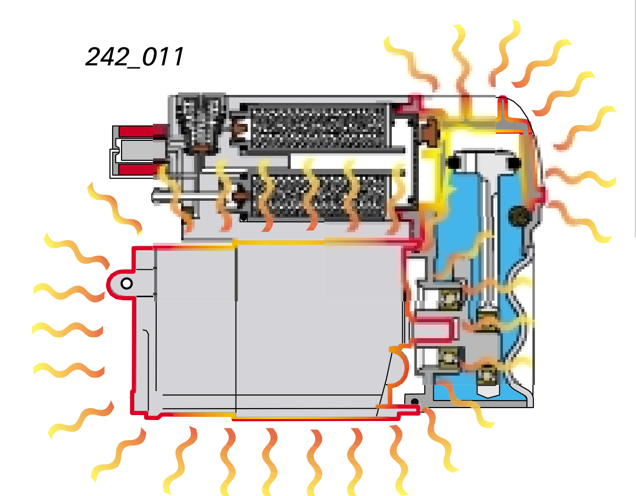
Überhitzungsschutz

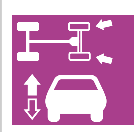
Um den Kompressor vor Überhitzung zu schützen, wird er bei Übertemperatur abgeschaltet.

Zur Temperaturüberwachung ist im Steuergerät ein Temperaturmodel integriert, mit dessen Hilfe die Kompressortemperatur berechnet wird.

Grundlage der Berechnungen sind die Lauf- und Abkühlzeiten des Kompressors.

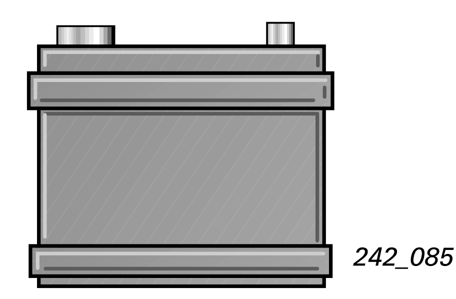
Die max. Laufzeit ist auf 120 sec. begrenzt (bei Überschreiten der Maximallaufzeit erfolgt ein Fehlereintrag im Steuergerät).
Nach je 6 Minuten Abkühlzeit werden jeweils 15 Sekunden Laufzeit zugelassen.
Nach 48 Minuten Abkühlzeit steht die maximale Laufzeit von 120 Sekunden zur Verfügung.


242_011



Batterieschutz

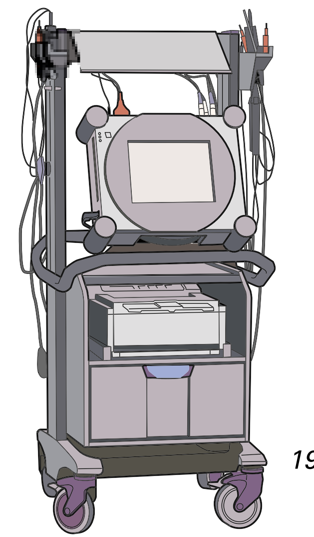
Zur Schonung der Batterie wird nach Zündung „AUS“ die maximale Laufzeit des Kompressors auf 60 Sekunden begrenzt. Das System schaltet sich ab und wird erst durch erneutes Einschalten der Zündung wieder aktiv.


242_085

Niveauregelung Abschalten/Einschalten.

Mit Hilfe des Diagnosetesters kann das System abgeschaltet werden, z. B. während Reparaturarbeiten.
Ein abgeschaltetes System wird bei Zündung „EIN“ durch eine blinkende Kontrollleuchte (K134) signalisiert.

Bei einer Fahrgeschwindigkeit >20km/h aktiviert sich das System selbstständig.


198_039

Notizen

242

AUDI AG
Abteilung I/VK-5
D-85045 Ingolstadt
Fax 0841/89-36367
940.2810.47.00
Technischer Stand 11/00
Printed in Germany